



Universidad de Cuenca - Facultad de Arquitectura y Urbanismo

LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICACIONES DE MEDIANA ALTURA Y LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SEGURAS MEDIANTE MODELACIÓN LINEAL: CASO DE ESTUDIO - EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

María Belén Avecillas Cedillo
Mayra Elizabeth Buruhuán León



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

La vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mediana altura y la identificación de zonas seguras mediante modelación lineal: caso de estudio - Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecta

Autoras:

María Belén AVECILLAS CEDILLO CI: 0103958161
beluavecillas@hotmail.com

Mayra Elizabeth BURUHUÁN LEÓN CI: 0105947865
may.elizabethbl@gmail.com

Director:

Ing. Hernán Alfredo García Erazo CI: 0102116654

Cuenca, Ecuador
2 de Junio del 2021



RESUMEN

El presente trabajo de titulación estudia la vulnerabilidad sísmica del edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, para estimar las condiciones que presente la estructura ante un evento de sismo y a través de esto realizar la identificación de zonas de menor riesgo .

La evaluación se hace en base a una identificación estructural del edificio por medio de análisis modal, en donde las paredes y losas se modelan utilizando elementos tipo Shell y las columnas y vigas con elementos tipo beam. Para determinar las características mecánicas del hormigón se realizan pruebas físicas sobre los materiales de los elementos estructurales.

En lo posterior, a través del modelo matemático y del análisis modal, podemos simular el comportamiento gobernante que puede asumir el edificio en caso de un sismo y de esta manera obtener una aproximación de las deformaciones y desplazamientos en el edificio. Finalmente, del análisis realizado se procede a determinar si las deformaciones exceden los límites admisibles para de este modo determinar el grado de afección.

Palabras Clave

Vulnerabilidad Sísmica. Análisis modal. Comportamiento estructural. Cuenca.



ABSTRAC

This thesis studies the seismic vulnerability of the postgraduate building of the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of Cuenca in order to estimate the conditions of the structure in case of seismic activity, and through this information to identify safe areas.

The evaluation is based on a structural identification of the building through a 3D analysis, where the walls and slabs are modeled using shell-type elements, and the columns and beams are modeled with beam-type mechanisms. To determine the mechanical characteristics of concrete, physical tests are carried out on the materials of the structural elements.

Subsequently, by using a mathematical model and modal analysis, we can simulate the governing behavior that the building can assume in the event of an earthquake, and in this way obtain an approximation of the deformations and displacements in the building. Finally, from the analysis carried out, it proceeds to the calculation of drifts in slabs and walls that allow establishing the class of failure that may occur in the building.

Keywords

Seismic vulnerability. Modal analysis. Structural behavior. Cuenca.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN / ABSTRACT	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN.....	14
CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL.....	15
AGRADECIMIENTO.....	16
DEDICATORIA.....	17
INTRODUCCIÓN.....	18
OBJETIVOS.....	21

CAPITULO 01: ANTECEDENTES

1.1 PROBLEMÁTICA.....	24
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	27

CAPÍTULO 02: MARCO TEÓRICO

2.1 PELIGRO SÍSMICO	30
2.1.1 Fundamentos y definiciones	30
2.1.2 Terremotos como fuentes de peligro	30
2.1.3 Sismicidad histórica del Ecuador	32
2.1.4 Surgimiento de la Norma de diseño sismorresistente	34
2.2 VULNERABILIDAD SÍSMICA	35
2.2.1 Fundamentos y conceptualización de vulnerabilidad	35
2.2.2 Tipos de Vulnerabilidad	35
2.3.2 Factores que influyen en la vulnerabilidad y los daños	36
2.3.4 Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones	37
2.3.5 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes utilizando el manual FEMA 310	37
2.3 RIESGO SÍSMICO	39
2.3.1 Conceptualización del riesgo sísmico	39
2.3.2 Zonas sísmicas del Ecuador	39
2.3.3 Riesgo sísmico a escala local y urbana para Cuenca	39
2.4 MITIGACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICIOS	41
2.4.1 Objeto y campo de aplicación	41
2.4.2 Proceso a seguir antes de definir un escenario de peligro	41

2.4.3 Zonas de menor riesgo del edificio.....	42
2.5 ANÁLISIS DINÁMICO DE ESTRUCTURAS.....	43
2.5.1 Análisis Modal.....	43
2.5.2 Modo de vibración.....	44
2.5.3 Grado de libertad.....	44
2.5.4 Análisis modal espectral.....	44
2.5.5 Período.....	45
2.5.6 Espectro de diseño.....	45
2.5.7 Método de Elementos Finitos.....	46

2.6 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICIOS.....47

2.6.1 Actividades de fragilidad y matrices de eventualidad de destrucción por sismos en edificios de mampostería aplicando técnicas de simulación.....	47
2.6.2 Proyecto de evaluación del riesgo sísmico en Cartago.....	47
2.6.3 Casos de valoración de la resistencia a compresión del hormigón armado validando ecuaciones de regresión que combinan el empleo de ensayos no destructivos (NDT) con ensayos destructivos (DT) en Cuba.....	48
2.6.4 Evaluación del comportamiento estructural del edificio de Marvy.....	49
2.6.5 Modelo estructural calibrado y análisis dinámico del edificio Central del Instituto Costarricense de Electricidad.....	49

CAPÍTULO 03: METODOLOGÍA Y SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

3.1 METODOLOGÍA.....	52
3.2 PARÁMETROS DE ANÁLISIS PARA EVALUACIÓN DEL EDIFICIO.....	52
3.3 METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	54
3.3.1 Ensayo de esclerómetro.....	54
3.3.2 Ensayo Ultrasonido.....	56
3.4 SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	58
3.4.1 Reseña histórica del Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura...59	
3.4.2 Memoria del proyecto arquitectónico del Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.....	59
3.5 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN: CASO DE ESTUDIO, EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO.....	60
3.5.1 Descripción general de la construcción.....	60
3.5.2 Emplazamiento.....	60
3.5.3 Planos Arquitectónicos.....	61

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 04: EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA.....	70
4.1.1 Sistema y material de la estructura.....	70
4.1.2 Material y sistema de entepiso y tipo de cubierta.....	70
4.1.3 Posición de la cimentación.....	71
4.1.4 Distancia máxima entre muros de mampostería confinada.....	71
4.1.5 Determinación de tipo de ocupación,y número de ocupantes.....	71
4.1.6 Determinación del tipo de suelo.....	72
4.1.7 Identificación del sistema sismorresistente.....	73
4.1.8 Estado de preservación de la construcción.....	73
4.1.9 Resultados de la caracterización del edificio de Postgrados.....	73
4.2 ANÁLISIS DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO.....	74
4.2.1 Análisis funcional del programa arquitectónico.....	74
4.2.2 Análisis de la configuración estructural.....	76
4.3 DIAGNÓSTICO DE LA EDIFICACIÓN MEDIANTE EL RESULTADO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	81
4.3.1 Reconocimiento y ubicación de las columnas para ensayos.....	81
4.3.2 Ensayo de esclerómetro.....	81
4.3.3 Ensayo de ultrasonido.....	88
4.3.4 Especificación de la resistencia a compresión a través del análisis del método combinado.....	96
4.3.5 Obtención de la resistencia a compresión final.....	98

CAPÍTULO 05: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO E IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS SEGURAS

5.1 MODELADO DE LA ESTRUCTURA.....	102
5.1.1 Caracterización estructural del edificio.....	102
5.1.2. Propiedad de las secciones.....	102
5.1.3 Modelación de la geometría.....	104
5.1.4 Plantas y alzados – Modelado en SAP2000.....	105
5.2 EXPORTACIÓN DEL MODELO.....	106
5.2.1 Exportación del modelo.....	106
5.2.1.1 Nodos.....	106
5.2.2 Características de los materiales.....	106
5.2.3 Modelación de cargas.....	108

5.2.4 Condiciones de apoyo (DOF).....	109
5.2.5 Matriz de rigidez (K).....	109
5.2.6 Parámetros que sirven para determinar el espectro de aceleración.....	109

5.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA.....110

5.3.1 Espectro de aceleración del edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitec tura y Urbanismo.....	110
5.3.2 Resultados del análisis.....	110
5.3.4 Deriva de piso.....	115
5.3.5 Deriva en paredes.....	117

5.4 DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS..... 130

5.5 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE MENOR RIESGO DENTRO DE LA EDIFICACIÓN.....130

5.5.1 Esquemas por planta del edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura.....	131
5.6 RESUMEN Y DISCUSIÓN.....	136

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....140

6.1 CONCLUSIONES.....132

6.2 RECOMENDACIONES.....142

BIBLIOGRAFÍA.....146

ANEXOS.....155



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 02: MARCO TEÓRICO

FIGURA1:PLACASTECTÓNICASSOBRELASUPERFICIE.....	30
FIGURA2:CARACTERÍSTICASTECTÓNICASDELECUADOR.....	30
FIGURA 3: MAPA DE ZONIFICACIÓN DE TERREMOTOS HISTÓRICOS Y NUDOS SISMOGÉNICOS.....	31
FIGURA 4: PELILEO ANTES DEL SISMO DEL 5 DE AGOSTO DE 1949.....	32
FIGURA 5: PELILEDO DESPUÉS DEL SISMO DEL 5 DE AGOSTO DE 1949.....	32
FIGURA 6: PATOLOGÍA: PISO FLEXIBLE. NÚM. DE PISOS: 9.....	33
FIGURA 7: PATOLOGÍA, EXCESO DE PESO EN LA FACHADA. NÚM. DE PISOS: 5.....	33
FIGURA8:TIPOLOGÍADEFABRICACIÓNENTIERRA.....	35
FIGURA9:TIPOLOGÍADECONSTRUCCIÓNENHORMIGÓNARMADO.....	35
FIGURA10:TIPOLOGÍADECONSTRUCCIÓN00ENACERO.....	36
FIGURA11:FLUJOGRAMA DEL FEMA 310 PARA EVALUAR ESTRUCTURAS EXISTENTES.....	38
FIGURA12: COMPOSICIÓN DEL RIESGO SÍSMICO.....	39
FIGURA 13: ZONAS SÍSMICAS DEL ECUADOR PARA PROPÓSITOS DE DISEÑO.....	39
FIGURA 14: MAPA DE NUDOS SISMOGÉNICOS CERCANOS A LA CIUDAD DE CUENCA.....	39
FIGURA 15: MAPA INTEGRADO DE DAÑO ESTRUCTURAL (0.5G).....	40
FIGURA16.ZONADEMENORRIESGOENCASODESISMO.....	41
FIGURA 17: RESPUESTA MODAL DE UN EDIFICIO DE TRES PLANTAS.....	43
FIGURA 18: ESQUEMA DE METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA RESPUESTA DINÁMICA A TRAVÉS DEL ANÁLISIS MODAL.....	44
FIGURA 19: REPRESENTACIÓN DE LAS CONDICIONES DE BORDE EN UN NODO ESPECIFICO DE UN PÓRTICO TRIDIMENSIONAL.....	45
FIGURA 20: FORMA DEL ESPECTRO DE ACELERACIÓN.....	45
FIGURA 21: DISCRETIZACIÓN DEL CUERPO Y DE LAS FUERZAS APLICADAS.....	46
FIGURA 22: ECUACIÓN DE CORRELACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS.....	46
FIGURA 23: MODELO FÍSICO 3D DEL EDIFICIO CENTRAL DEL ICE.....	49

CAPÍTULO 03: METODOLOGÍA Y CASO DE ESTUDIO

FIGURA 24: ESQUEMA DEL PROCESO DEL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA APLICADA.....	53
FIGURA 25: COMPONENTES DEL MARTILLO UTILIZADO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA.....	54
FIGURA 26: VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DEL ESCLERÓMETRO SOBRE EL YUNQUE.....	54
FIGURA 27: SELECCIÓN DEL ÁREA DE PRUEBA PARA ENSAYOS.....	55

FIGURA 28: APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO EN EL ÁREA DE PRUEBA.....	55
FIGURA 29: INSTRUMENTO DE ULTRASONIDO PROCEQ TICO.....	56
FIGURA 30: VERIFICACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DEL INSTRUMENTO.....	56
FIGURA 31: MEDICIÓN DIRECTA, SEMI-DIRECTA E INDIRECTA DE TRANSDUCTORES.....	57
FIGURA 32: UBICACIÓN DE LOS TRANSDUCTORES (SEMIDIRECTA).....	57
FIGURA 33: LECTURA DE RESULTADOS.....	57
FIGURA 34: DELIMITACIÓN DEL CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA Y SUS ÁREAS ESPECIALES, 2010.....	58
FIGURA 35: EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO.....	59
FIGURA 36: EMPLAZAMIENTO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DENTRO DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA.....	60
FIGURA 37: PLANTA DE CUBIERTA DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO ESC: 1:160.....	61
FIGURA 38: PLANTA SUBSUELO _ N=-3.60. ESC: 1:160.....	61
FIGURA 39: PLANTA BAJA N=+-0.00. ESC: 1:160.....	62
FIGURA 40: PRIMERA PLANTA ALTA _ N=+3.60. ESC: 1:160.....	62
FIGURA 41: SEGUNDA PLANTA ALTA. N=+7.20. ESC: 1:160.....	63
FIGURA 42: TERCERA PLANTA ALTA. N=+10.80. ESC: 1:160.....	63
FIGURA 43: ELEVACIÓN FRONTAL DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS.....	64
FIGURA 44: ELEVACIÓN POSTERIOR DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS.....	64
FIGURA 45: ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS.....	65
FIGURA 46: ELEVACIÓN LATERAL DERECHA DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS.....	65
FIGURA 47: SECCIÓN A-A.....	66
FIGURA 48: SECCION B-B.....	66

CAPÍTULO 04: EVALUACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

FIGURA 49: ESQUELETO DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS DE ARQUITECTURA Y URBANISMO.....	70
FIGURA 50: PLANTA DE CIMENTACIÓN _ N=-3.60.....	71
FIGURA 51: UNIDADES GEOLÓGICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA.....	72
FIGURA 52: PROGRAMA Y ZONIFICACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS_ N=-3.60.....	75
FIGURA 53: PROGRAMA Y ZONIFICACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS_ N=+-0.00.....	75
FIGURA 54: PROGRAMA Y ZONIFICACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS_ N=+3.60.....	75
FIGURA 55: PROGRAMA Y ZONIFICACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS_ N=+7.20.....	75



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 56: PROGRAMA Y ZONIFICACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS_ N=+10.80.....	75
FIGURA 57: DIMENSIONES DE LAS ABERTURAS EN PLANTA DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS.....	57
FIGURA 58: ESQUEMA EN PLANTA DE COLUMNAS QUE CAMBIAN DE GEOMETRÍA.....	77
FIGURA 59: AXONOMETRÍA EXPLOTADA DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS.....	77
FIGURA 60: CONTINUACIÓN DE COLUMNAS QUE CAMBIAN DE GEOMETRÍA.....	78
FIGURA 61: PLANTAS CON MAYOR CONCENTRACIÓN DE PAREDES EN UN DETERMINADO EJE, DEBIDO AL DOBLE MURO.....	78
FIGURA 62: UBICACIÓN DE LA CAJA DEL ASCENSOR Y CONTINUIDAD -REGULARIDAD VERTICAL DE VANOS DE VENTANAS.....	79
FIGURA 63: TIPOS DE PAREDES QUE CONTIENEN LAS ABERTURAS VERTICALES.....	80
FIGURA 64: ESQUEMA DE ABERTURAS CONTINUAS EN PAREDES INTERNAS DEL EDIFICIO.....	80
FIGURA 65: UBICACIÓN DE LAS COLUMNAS EN PLANTA DONDE SE REALIZARÁN LOS ANÁLISIS NO DESTRUCTIVOS.....	81
FIGURA 66: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE ESCLERÓMETRO.....	86
FIGURA 67: PERSPECTIVA 3D ESQUEMÁTICA DE LAS COLUMNAS ENSAYADAS QUE PRESENTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL ENSAYO DE ESCLERÓMETRO.....	88
FIGURA 68 : GRÁFICA DE RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE ULTRASONIDO.....	94
FIGURA 69: PERSPECTIVA 3D ESQUEMÁTICA DE LAS COLUMNAS ENSAYADAS QUE PRESENTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL ENSAYO DE ULTRASONIDO.....	95
FIGURA 70: GRÁFICA DE LA RESISTENCIA ESTIMADA DEL HORMIGÓN, MEDIANTE EL MÉTODO COMBINADO.....	96
FIGURA 71: PERSPECTIVA 3D ESQUEMÁTICA DE LAS COLUMNAS ENSAYADAS QUE PRESENTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DEL MÉTODO COMBINADO.....	97
FIGURA 72: GRÁFICA RESUMEN DE LA RESISTENCIA A HORMIGÓN CON LOS VALORES FINALES DE LOS ENSAYOS Y DEL MÉTODO COMBINADO.....	98
FIGURA 73: GRÁFICA DEL VALOR FINAL DE LA RESISTENCIA A HORMIGÓN CUYO VALOR SE ENCUESTRA POR ENCIMA DEL MÍNIMO ADMITIDO POR LA NEC.....	98

CAPÍTULO 05: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO E IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS SEGURAS

FIGURA 74: PLANTILLA DE LA ESTRUCTURA REALIZADA EN ARCHICAD.....	104
FIGURA 75: MODELO ARCHICAD EXPORTADO AL PROGRAMA SAP2000 – MESAS DE TRABAJO 2D-3D.....	104
FIGURA 76: GRÁFICO DE SECCIONES VIGAS Y COLUMNAS. TIPO BEAM.....	105

FIGURA 77: GRÁFICO DE COMPONENTES DE MAMPOSTERÍA Y LOSA. TIPO SHELL.....	105
FIGURA 78: GRÁFICO DE NODOS.....	105
FIGURA 79: MODELO FINAL DISCRETIZADO DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS.....	105
FIGURA 80: PLANTA BAJA DISCRETIZADA _ N=+-0.00.....	105
FIGURA 81: PLANTA ALTA DISCRETIZADA _ N=+3.60, +7.20, +10.80.....	105
FIGURA 82: ELEVACIÓN LATERAL DERECHA _ DISCRETIZADA.....	105
FIGURA 83: ELEVACIÓN FRONTAL _ DISCRETIZADA.....	105
FIGURA 84: ESPECTRO DE ACELERACIÓN DEL EDIFICIO.....	110
FIGURA 85: CÓDIGO QR, VISTA EN PLANTA Y PERSPECTIVA 3D DEL PRIMER MODO DE VIBRAR. PREDOMINANTE EN LA DIRECCIÓN “X”.....	111
FIGURA 86: CÓDIGO QR, VISTA EN PLANTA Y PERSPECTIVA 3D DEL SEGUNDO MODO DE VIBRAR. PREDOMINANTE EN LA DIRECCIÓN “Y”.....	112
FIGURA 87: CÓDIGO QR, VISTA EN PLANTA Y PERSPECTIVA 3D DEL TERCER MODO DE VIBRAR. MOVIMIENTO TORSIONAL.....	112
FIGURA 88: CÓDIGO QR, VISTA EN PLANTA Y PERSPECTIVA 3D DEL CUARTO MODO DE VIBRAR. PREDOMINANTE EN LA DIRECCIÓN “Y”.....	112
FIGURA 89: CÓDIGO QR, VISTA EN PLANTA Y PERSPECTIVA 3D DEL QUINTO MODO DE VIBRAR. PREDOMINANTE EN LA DIRECCIÓN “X”.....	113
FIGURA 90: CÓDIGO QR, VISTA EN PLANTA Y PERSPECTIVA 3D DEL SEXTO MODO DE VIBRAR. PREDOMINANTE EN LA DIRECCIÓN “X”.....	113
FIGURA 91: CÓDIGO QR, VISTA EN PLANTA Y PERSPECTIVA 3D DEL SÉPTIMO MODO DE VIBRAR. PREDOMINANTE EN LA DIRECCIÓN “X”.....	113
FIGURA 92: CÓDIGO QR, VISTA EN PLANTA Y PERSPECTIVA 3D DEL OCTAVO MODO DE VIBRAR. PREDOMINANTE EN LA DIRECCIÓN “X”.....	114
FIGURA 93: CÓDIGO QR, VISTA EN PLANTA Y PERSPECTIVA 3D DEL NOVENO MODO DE VIBRAR. PREDOMINANTE EN LA DIRECCIÓN “X”.....	114
FIGURA 94: CÓDIGO QR, VISTA EN PLANTA Y PERSPECTIVA 3D DEL DÉCIMO MODO DE VIBRAR. PREDOMINANTE EN LA DIRECCIÓN “X”.....	114
FIGURA 95: DETERMINACIÓN DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO A PARTIR DE LOS DESPLAZAMIENTOS LATERALES DEL EDIFICIO.....	115
FIGURA 96: ESQUEMA EN PLANTA DE EJES PARA EL CÁLCULO DE LAS DERIVAS DE ENTREPISO.....	116
FIGURA 97: DIAGRAMA TENSIÓN-DEFORMACIÓN TÍPICOS. PAREDES DE MAMPOSTERÍA Y PÓRTICOS DE CONCRETO ARMADO.....	117
FIGURA 98: REPRESENTACIÓN DEL ESTADO DE DAÑO 1. MAMPOSTERÍA DESPUÉS DEL SISMO EN	



ÍNDICE DE FIGURAS

ECUADOR 2016.....117

FIGURA 99: REPRESENTACIÓN DEL ESTADO DE DAÑO 2. MAMPOSTERÍA DESPUÉS DEL SISMO EN ECUADOR 2016.....117

FIGURA 100: REPRESENTACIÓN DEL ESTADO DE DAÑO 3. MAMPOSTERÍA DESPUÉS DEL SISMO EN ECUADOR 2016.....117

FIGURA 101: NODOS QUE CONFORMAN LA PARED 1.....118

FIGURA 102: ESQUEMA DEL LUGAR EN PLANTA DE LA DEFORMACIÓN EN PAREDES _ PLANTA DE SUBSUELO _ N= -3.60.....119

FIGURA 103: ESQUEMA DEL ESPACIO EN PLANTA DE LA DEFORMACIÓN EN PAREDES _ PLANTA BAJA _ N= +-0.00.....120

FIGURA 104: ESQUEMA DEL LUGAR EN PLANTA DE LA DEFORMACIÓN EN PAREDES _ PRIMERA PLANTA ALTA _ N= +3.60.....121

FIGURA 105: ESQUEMA DEL SITIO EN PLANTA DE LA DEFORMACIÓN EN PAREDES _ SEGUNDA PLANTA ALTA _ N= +7.20.....122

FIGURA 106: ESQUEMA DEL LUGAR EN PLANTA DE LA DEFORMACIÓN EN PAREDES _ TERCERA PLANTA ALTA _ N= +10.80.....123

FIGURA 107: DEFORMACIÓN EN PERSPECTIVA 3D, DE LA PARED NÚMERO 2 CON ESTADO DE DAÑO 3.....124

FIGURA 108: DEFORMACIÓN EN PERSPECTIVA 3D, DE LA PARED NÚMERO 22 CON ESTADO DE DAÑO 3.....124

FIGURA 109: DEFORMACIÓN EN PERSPECTIVA 3D DE LA PARED 05 CON ESTADO DE DAÑO TIPO 2124

FIGURA 110: DEFORMACIÓN EN PERSPECTIVA 3D DE LA PARED TIPO 013 CON ESTADO DE DAÑO TIPO 2124

FIGURA 111: GRÁFICA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD TOTAL DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS125

FIGURA 112: GRÁFICA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN BASE A LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LAS DERIVAS CALCULADAS _ NIVEL = -3.60.....126

FIGURA 113: GRÁFICA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN BASE A LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LAS DERIVAS CALCULADAS _ NIVEL = +-0.00.....126

FIGURA 114: GRÁFICA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN BASE A LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LAS DERIVAS CALCULADAS _ NIVEL = +3.60.127

FIGURA 115: GRÁFICA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN BASE A LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LAS DERIVAS CALCULADAS _ NIVEL = +7.20.....127

FIGURA 116: GRÁFICA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN BASE A LA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS A PARTIR DE LAS DERIVAS CALCULADAS _ NIVEL = +10.80128

FIGURA 117: EXPLOTADO DE LA DEFORMACIÓN EN EL SENTIDO "X"EN PERSPECTIVA 3D, DE LAS LOSAS DE ENTREPISO DE LOS NIVELES: -3.60, +-0.00, +3.60, +7.20, +10.80 Y 14.00.....129

FIGURA 118: EXPLOTADO DE LA DEFORMACIÓN EN EL SENTIDO "Y "; EN PERSPECTIVA 3D, DE LAS LOSAS DE ENTREPISO DE LOS NIVELES: -3.60, +-0.00, +3.60, +7.20, +10.80 Y 14.00.....129

FIGURA 119: IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SEGURAS EN LA EDIFICACIÓN _ N=-3.60.....131

FIGURA 120: IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SEGURAS EN LA EDIFICACIÓN _ N=+-0.00.....132

FIGURA 121: IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS SEGURAS EN LA EDIFICACIÓN _ N=+3.60.....133

FIGURA 122: IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS SEGURAS EN LA EDIFICACIÓN _ N=+7.20.....134

FIGURA 123: IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS SEGURAS EN LA EDIFICACIÓN _ N=+10.80.....135

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 02: MARCO TEÓRICO

TABLA1:CATÁLOGODELASISMICIDADHISTÓRICAENELECUADOR.....33

TABLA 2. VALORES DE RESISTENCIA ESTIMADA DEL HORMIGÓN A TRAVÉS DE LA COMBINACIÓN DE ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS.....48

CAPÍTULO 03: METODOLOGÍA Y CASO DE ESTUDIO



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3: CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO SEGÚN SU VELOCIDAD ULTRASÓNICA.....57

CAPÍTULO 04: EVALUACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

TABLA 4: ESPECIFICACIONES GENERALES Y TÉCNICAS DE LA ESTRUCTURA.....70

TABLA 5: CÁLCULO SEGÚN CANTIDAD DE OCUPANTES DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS.....71

TABLA 6: DATOS TÉCNICOS _ LOSA NERVADA DE ENTREPOS Y CUBIERTA.....71

TABLA 7: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO.....73

TABLA 8: PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO _ PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (SUGERIDA).....73

TABLA 9: PARÁMETROS ASUMIDOS PARA EL SUELO.....73

TABLA 10: PROGRAMA Y CUADRO DE ÁREAS.....74

TABLA 11: CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE REGULARIDAD EN PLANTA.....76

TABLA 12: CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE ABERTURAS EN EL PISO.....76

TABLA 13. ABERTURAS EN LOSAS DE PISO.....76

TABLA 14. CÁLCULO DE LA LONGITUD DE PAREDES SOBRE LA LOSA.....78

TABLA 15: RELACIÓN ALTO/ANCHO DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS.....79

TABLA 16: RELACIÓN DE LAS ABERTURAS EN PAREDES LATERALES EXTERIORES.....80

TABLA 17: FICHA DE ENSAYO ESCLERÓMETRO _ COLUMNA TIPO 1.....82

TABLA 18: FICHA DE ENSAYO ESCLERÓMETRO _ COLUMNA TIPO 2.....83

TABLA 19: FICHA DE ENSAYO ESCLERÓMETRO _ COLUMNA TIPO 3.....84

TABLA 20: FICHA DE ENSAYO ESCLERÓMETRO _ COLUMNA TIPO 4.....85

TABLA 21: FICHA DE ENSAYO ESCLERÓMETRO _ COLUMNA TIPO 6.....86

TABLA 22: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE ESCLERÓMETRO.....86

TABLA 23: FICHA DE ENSAYO DE ULTRASONIDO _ COLUMNA TIPO 1.....88

TABLA 24: FICHA DE ENSAYO DE ULTRASONIDO _ COLUMNA TIPO 2.....89

TABLA 25: FICHA DE ENSAYO DE ULTRASONIDO _ COLUMNA TIPO 3.....90

TABLA 26: FICHA DE ENSAYO DE ULTRASONIDO _ COLUMNA TIPO 4.....91

TABLA 27: FICHA DE ENSAYO DE ULTRASONIDO _ COLUMNA TIPO 6.....92

TABLA 28: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE ULTRASONIDO.....92

TABLA 29: RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DE ULTRASONIDO - CLASIFICACIÓN CUALITATIVA.....93

TABLA 30: RESISTENCIA ESTIMADA DEL HORMIGÓN, MEDIANTE EL MÉTODO COMBINADO.....95

TABLA 31: PROMEDIO FINAL OBTENIDO DE LOS ANÁLISIS NO DESTRUCTIVOS MÁS EL MÉTODO

COMBINADO.....95

CAPÍTULO 05: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO E IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS SEGURAS

TABLA 32: INFORMACIÓN DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL _ COLUMNAS.....99

TABLA 33: INFORMACIÓN DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL _ VIGAS.....99

TABLA 34: INFORMACIÓN DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL _ LOSAS Y MUROS.....98

TABLA 35: PROPIEDAD DE LA SECCIÓN _ INERCIA.....98

TABLA 36: TABLAS CON COORDENADAS PARA UBICACIÓN DE LOS NODOS.....102

TABLA 37: ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA _ TIPO SHELL.....102

TABLA 38: ELEMENTOS DE VIGAS Y COLUMNAS _ TIPO BEAM.....102

TABLA 39: CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD.....103

TABLA 40: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS.....103

TABLA 41: CÁLCULO DE CARGA MUERTA.....104

TABLA 42: DETERMINACIÓN DE CARGA VIVA.....104

TABLA 43: CÁLCULO DE COMBINACIÓN DE CARGAS.....104

TABLA 44: CÁLCULO DE DENSIDAD ADICIONAL.....104

TABLA 45: MODOS, PERIODOS Y FACTOR DE PARTICIPACIÓN DE MASA DEL ANÁLISIS MODAL.....107

TABLA 46: VALORES DE DERIVAS MÁXIMOS ADMITIDOS.....111

TABLA 47: ESTADOS LÍMITE Y PARÁMETROS UTILIZADOS PARA SU CARACTERIZACIÓN.....111

TABLA 48: DERIVAS POR PISO. DIRECCIÓN "X".....112

TABLA 49: DERIVAS POR PISO. DIRECCIÓN "Y".....112

TABLA 50: CÁLCULO DE LA DERIVA FINAL POR PARED EN LA DIRECCIÓN "X" Y "Y".....114

TABLA 51: CÁLCULO DE LA DERIVA TOTAL DE LAS PAREDES DE LA PLANTA DE SUBSUELO _ N= -3.60.....115

TABLA 52: CÁLCULO DE LA DERIVA TOTAL DE LAS PAREDES DE LA PLANTA BAJA _ N= +-0.00.....116

TABLA 53. CÁLCULO DE LA DERIVA TOTAL DE LAS PAREDES DE LA PRIMERA PLANTA ALTA _ N= +3.60.....117

TABLA 54: CÁLCULO DE LA DERIVA TOTAL DE LAS PAREDES DE LA SEGUNDA PLANTA ALTA _ N= +7.20.....118

TABLA 55: CÁLCULO DE LA DERIVA TOTAL DE LAS PAREDES DE LA TERCERA PLANTA ALTA _ N= +10.80.....119

CLÁUSULA DE LICENCIA Y AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

María Belén Avecillas Cedillo en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “La vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mediana altura y la identificación de zonas seguras mediante modelación lineal: Caso de estudio - Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 2 de junio de 2021



María Belén Avecillas Cedillo

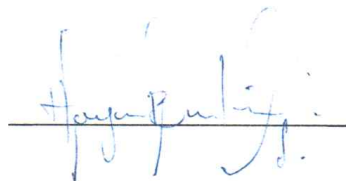
C.I: 0103958161

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Mayra Elizabeth Buruhuán León en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “La vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mediana altura y la identificación de zonas seguras mediante modelación lineal: Caso de estudio - Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 2 de junio de 2021



Mayra Elizabeth Buruhuán León

C.I: 0105947865

CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Cláusula de Propiedad Intelectual

María Belén Avecillas Cedillo, autora del trabajo de titulación “La vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mediana altura y la identificación de zonas seguras mediante modelación lineal: Caso de estudio - Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 2 de junio de 2021



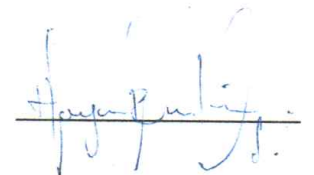
María Belén Avecillas Cedillo

C.I: 0103958161

Cláusula de Propiedad Intelectual

Mayra Elizabeth Buruhuán León, autora del trabajo de titulación “La vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mediana altura y la identificación de zonas seguras mediante modelación lineal: Caso de estudio - Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 2 de junio de 2021



Mayra Elizabeth Buruhuán León

C.I: 0105947865



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por habernos permitido culminar esta meta con éxito.

A nuestro director de tesis el Ing. Hernán García Erazo por haber compartido sus conocimientos y guiarnos en este proceso.

A nuestros asesores del trabajo de titulación el Arq. Leonardo Ramos y el Ing. Juan Sola por su dedicación y aporte que nos brindaron en este camino, ya que sin su ayuda no hubiera sido posible finalizar esta investigación.

Y por último a nuestros familiares y amigos por haber sido parte de todo este proceso académico, con su apoyo incondicional.

Mayra y Belén



DEDICATORIA

A mi Padre Celestial, por ser el que guía mi vida siempre.

A mis Padres, Freddy y Leonor, por su amor y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mi querido hermano Said, por todos esos momentos que hemos compartido, cada risa y amor incondicional.

A mis abuelitos y tíos por siempre haberme alentado a ser una mejor persona y luchar por mis metas.

A mis amigos y compañeros de carrera que compartieron sus conocimientos y alegrías en toda esta trayectoria.

Ma. Belén Avecillas Cedillo

A Dios, porque con su bendición me ha permitido llegar al final de esta etapa.

A mi madre, una mujer valiente, cariñosa y trabajadora que cada día me enseñó el valor del esfuerzo diario y del trabajo duro. Este logro es por y para Ud.

Mayra E. Buruhuán León

INTRODUCCIÓN

“En los últimos decenios, el mundo ha experimentado un alza exponencial en las pérdidas de vidas humanas y económicas, provocadas por los desastres naturales. Las razones de las mayores pérdidas radican, fundamentalmente, en el incremento de la vulnerabilidad provocado por ciertas prácticas de desarrollo que no toman en consideración la susceptibilidad a los peligros naturales (Briseño, 2001)”.

Durante un evento sísmico las construcciones son uno de los elementos más vulnerables, esto se debe a los daños que puedan llegar a sufrir y como estos daños repercuten en las víctimas que puedan llegar a ocasionar. De acuerdo a Salazar (2018), el origen común de mortalidad en terremotos son los causados por el colapso parcial o total de las estructuras, esto debido a que las edificaciones afectadas poseen un proceso constructivo y de diseño deficiente.

Doocy et al., (2013) determina que entre los materiales de construcción que se asocian a un mayor riesgo de mortalidad en caso de sismo son: la mampostería no reforzada, el hormigón, construcción en madera etc. Por otra parte, Martínez Cuevas, (2014) enuncia, que a pesar de que en la actualidad se puede llegar a conocer las zonas donde existe mayor probabilidad de producirse sismos, sin embargo aún es imposible determinar cuándo van a suceder, para lo cual, a la fecha se incide más en seguir una línea de prevención,

que se fundamente en el diseño sismorresistente de las edificaciones ante movimientos esperados a largo plazo.

Sin embargo, mientras más construcciones sean de tipo informal y no reguladas en las fases de diseño y construcción, se verá incrementada la incertidumbre acerca de cómo será la respuesta dinámica frente a un escenario de sismo.

En la actualidad, los edificios requieren mayor estudio estructural debido a que se hallan en un alto grado de exposición por estar situados en ciudades con alta peligrosidad sísmica, como se sabe, la actividad sísmica que presenta el Ecuador es consecuencia de movimientos de corteza terrestres producidos en la zona de subducción de placas y a su vez en la deformación andina (fallas geológicas activas) (Yepez et al., 1994). En relación a las condiciones geográficas y geológicas, el país tiene un promedio anual de 300 sismos de magnitud superior a 4 y en promedio cada 12 años el país soporta un terremoto con la suficiente intensidad para provocar el colapso de edificaciones (Víctor, 2010).

A causa de lo expuesto, en la presente tesis se propone estudiar el comportamiento estructural ante sismo del edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura, con la finalidad de hacer posible la identi-

ficación de zonas seguras o de menor riesgo dentro de la edificación.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica podemos hallar diferentes metodologías y técnicas que se basan principalmente en el estudio del desempeño sísmico de las edificaciones según la estructura y su construcción, por ejemplo en el trabajo de Durand et al., (2018), se busca obtener una aproximación del comportamiento estructural ante sismo de un edificio de mediana altura, donde el método de cálculo se basa en un análisis modal simplificado, el cual considera cuatro factores que constituyen el proceso de modelación: geometría, materiales, condiciones de apoyo y cargas. Estos parámetros son esenciales en el proyecto, puesto que son los responsables del comportamiento estructural antes las acciones sísmicas.

La importancia de este tipo de análisis según Delgado (2016), recae en que mientras más se desarrolle y produzcan avances en el área de la ingeniería sísmica, más herramientas y medios se pueden disponer para reducir el riesgo sísmico en las áreas que se consideran más vulnerables.

En base a que los efectos directos de un terremoto sobre los usuarios de las edificaciones están condicionados por la calidad de los edificios, el presente trabajo de titulación plantea a través de una recopilación de

información orientada a estudios relacionados de antecedentes históricos referentes al tema, realizar una evaluación de la edificación a través de una caracterización, análisis y diagnóstico del proyecto arquitectónico y estructural, este último realizado mediante ensayos no destructivos (END) nos ayuda a determinar características mecánicas del elemento estructural columna, uno de los datos importantes para realizar el análisis modal mediante el programa Matlab-Stabil que tiene como base la teoría de los elementos finitos.

Una vez obtenida la configuración y caracterización (geométrica y mecánica) total de la edificación y a través de la simulación de los elementos estructurales del modelo ante las fuerzas laterales que se suponen actúan durante un sismo, se procede al análisis de los primeros modos de vibración con la respectiva participación de masa en la dirección asociada, teniendo en cuenta que se analizan los primeros modos, dado que estos son los que poseen una influencia significativa en el comportamiento dinámico.

Mediante los resultados del análisis estructural del edificio se determinan las derivas de losas y paredes, se comparan con los rangos de deformación admisible y partiendo de estos resultados se procede a definir espacios seguros o zonas de menor riesgo dentro de la edificación.



OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar, a través del análisis modal, la respuesta de la estructura del edificio de posgrados de la Facultad de Arquitectura ante un sismo y definir las zonas de menor riesgo.

Objetivos Específicos

- Determinar el comportamiento sísmico del Edificio Postgrados de la Facultad de Arquitectura
- Identificar las zonas de menor riesgo del Edificio Postgrados de la Facultad de Arquitectura
- Presentar la vulnerabilidad sísmica del Edificio Postgrados de la Facultad de Arquitectura

01
ANTECEDENTES

PROBLEMÁTICA
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PROBLEMÁTICA

Ecuador se ubica dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico que es la zona sísmica más activa del mundo, donde se reconoce que la principal fuente de generación de energía sísmica es por la subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana (Rivadeneira et al., 2007). Dada la ubicación geográfica del país, este se ha visto expuesto al impacto de diversos fenómenos naturales que han dejado importantes pérdidas humanas y materiales.

Experiencias como el sismo del 16 de abril del 2016, cuya magnitud fue de 7.8 Mw (Magnitud de momento), con epicentro en el cantón Pedernales, dio como consecuencia un total de 660 personas fallecidas y 13 desaparecidas, en cuanto a la infraestructura hospitalaria, cinco hospitales fueron afectados y salieron de funcionamiento, así como también la infraestructura educativa 88 instituciones tienen un nivel de afectación alto, es decir que, tanto elementos estructurales como no estructurales sufrieron daños severos y podrían ser recuperables con intervención de más de 90 días (Secretaría de Gestión y Riesgos, 2016). A raíz de este mismo evento, unas 70 mil personas se quedaron sin hogar (El país, 2016).

Esto ocurre por la construcción de edificaciones inadecuadas en términos estructurales, uso de materiales no aptos y por el desarrollo de infraestructura pesada en zonas de riesgo (Bravo, 2017).

Este tipo de eventos sísmicos han desencadenado la pérdida de vidas, destrucción en la infraestructura y pérdidas económicas en el país, afectando las condiciones de vida de las personas que presenciaron el fenómeno, generando desplazamientos, cambios en el comportamiento psicológico/social y peligros ambientales que provocan crisis y disminuye la calidad de vida en la población (Bambare, 2011). Debido a esto es importante conocer la sismicidad de una región para la elaboración de códigos de construcción y escenarios sísmicos (Rivadeneira et al., 2007). A partir de esto resulta indispensable diseñar y construir edificaciones que respondan a eventos sísmicos grandes sin colapsar y en lo posible daños mínimos o nulos en los elementos no estructurales (Oviedo & Duque, 2006).

Ecuador posee un mapa de diseño sísmico, en el cual la Ciudad de Cuenca se halla ubicada en la zona con escenario sísmico alto (NEC-SE-RE, 2014), donde las edificaciones de la ciudad no necesariamente se han construido para presentar un adecuado comportamiento sísmico, lo que obliga a realizar estudios de vulnerabilidad que permitan conocer con menor incertidumbre el comportamiento de las estructuras, a causa de que la respuesta de una estructura depende de cómo fue construida y no de cómo fue diseñada.

Actualmente, aunque han mejorado los sistemas

constructivos a través de marcos reforzados con mampostería de ladrillo, al no construirse con las normas adecuadas y al no poseer catálogos sísmicos completos existe incertidumbre en cómo responderán ante un sismo de gran magnitud, aumentando la vulnerabilidad de los ocupantes y con la probabilidad de colapso de la edificación sobre los mismos (García & Degrande, 2017).

La importancia del análisis de la vulnerabilidad sísmica en edificios universitarios de mediana altura se centra, en que estos son establecimientos que en el transcurso del día albergan a un importante número de usuarios de distintas edades, para lo cual se debe considerar que la función más importante de la estructura debe basarse en la resistencia ante fuerzas externas, con enfoque en la seguridad sísmica y con el objetivo de brindar un espacio perdurable que pueda albergar a personas incluso ante desastres naturales (Wada, 2018).

Se debe considerar que los sismos pueden ocurrir en cualquier momento, poniendo en riesgo la vida de sus ocupantes y su capacidad operaria, lo que no solo afecta a sus comunidades y estados, sino también a su importante inversión económica y social (Comerio, 2000). Así pues, proteger a los habitantes de la edificación durante un sismo, es una manera de garantizar que la educación se vea afectada en un porcentaje

muy bajo (Chakravorty, 2017). En este contexto se consideró importante el estudio del comportamiento estructural del Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, en la que se evidencia que no existe un programa de zonificación de espacios que identifique zonas seguras o de menor riesgo, lo que demuestra una deficiencia en lo que respecta a planes de emergencia que ayuden a identificar dichos lugares y mitigar los efectos provocados por desastres naturales. Este estudio se obtiene mediante la determinación del comportamiento estructural de las edificaciones a partir de estudios detallados, donde se conoce la amenaza y se determina las causas y efectos de los movimientos sísmicos a través de programas que nos faciliten determinar la respuesta sísmica del edificio (Muñoz et al., 2012). Para finalmente con la información obtenida planificar acciones que reduzcan los niveles de riesgo para los usuarios del inmueble (Carvajal, 2010).



1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿A través del resultado del análisis dinámico se podrá identificar los elementos más vulnerables ante un movimiento sísmico en el Edificio de posgrados de la Facultad de Arquitectura, para así obtener las zonas más seguras de la edificación?

02 MARCO TEÓRICO

PELIGRO SÍSMICO
VULNERABILIDAD SÍSMICA
RIESGO SÍSMICO
MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EDIFICIOS
ANÁLISIS DINÁMICO DE ESTRUCTURAS
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ANÁLISIS DE
VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICIOS

2.1 PELIGRO SÍSMICO

2.1.1 Fundamentos y definiciones

De acuerdo con el Earthquake Engineering Research Institute (EERI), se define al peligro sísmico como cualquier tipo de fenómeno físico asociado con un sismo, tales fenómenos pueden ser: sacudimiento del terreno, falla del terreno (falla geológica, licuefacción, expansión lateral, deslizamientos, derrumbes, etc.), que producen efectos adversos en las actividades cotidianas del ser humano (EERI, 1984).

En este contexto, un estudio realizado por Quinde & Reinoso (2016) relacionado con el peligro sísmico del Ecuador destaca la carencia de catálogos sísmicos completos y la escasa información relacionada al tema, dando como resultado la necesidad de realizar un análisis probabilista de amenaza sísmica que permita predecir y modelar el comportamiento sísmico de las regiones de interés. A causa de que no es posible contar con una base de datos que permita estimar con exactitud la ocurrencia de eventos sísmicos, se recurre a la teoría de probabilidades para considerar las incertidumbres en la estimación de su ocurrencia. Así pues, a partir de un catálogo depurado, homogéneo y completo, donde los parámetros sísmicos de las diversas fuentes no presentan desviaciones significativas en los resultados, se evidencian resultados de peligro sísmico como curvas de peligro, espectros de peligro uniforme (EPU) y mapas de peligro sísmico.

mico, para diferentes periodos de retorno (Quinde & Reinoso, 2016). Parra (2016) en su investigación desarrolló metodologías y aplicaciones del cálculo de peligrosidad que efectuó en un estudio de riesgo sísmico en Quito. El aporte presentado por Parra (2016) fue considerado uno de los más significativos dentro de esta área, dado que presentó un catálogo sísmico mediante la recopilación de información de diferentes agencias, información homogenizada a magnitud momento M_w , depurado de réplicas y premonitores y rectificado por falta de exactitud para la estimación de tasas de varios rangos de magnitud. Además, propuso un modelo nuevo de zonificación sísmica considerando tres normas tectónicas: cortical, subducción interfase y subducción in-lab.

2.1.2 Terremotos como fuentes de peligro

Ecuador al poseer determinadas características en su ubicación, geografía y pisos climáticos, es propenso a diversos desastres naturales como: sismos, deslizamientos, erupciones volcánicas e inundaciones, por tal motivo y de acuerdo con el tamaño de impacto del fenómeno, se desarrollan diversos escenarios respecto a pérdidas socioeconómicas y ambientales, los cuales conllevan a elaborar métodos de emergencia que permitirán dar una respuesta eficaz ante tales sucesos. La posibilidad de que se presenten sismos en la zona ecuatoriana sobresale por la condición de

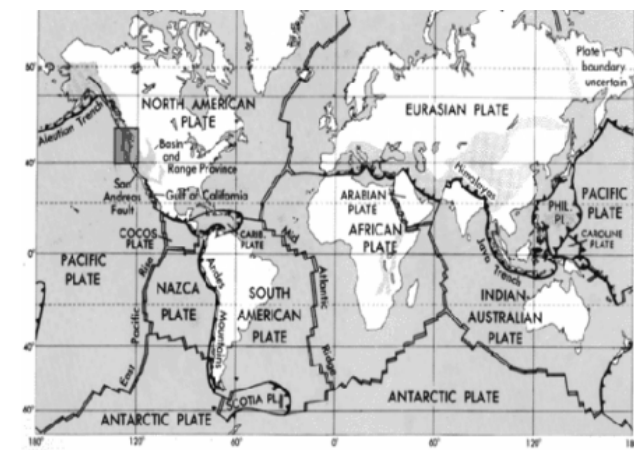


Figura 1: Ubicación de las placas tectónicas sobre la superficie terrestre.
Fuente: Trujillo, P. et. al., 2010

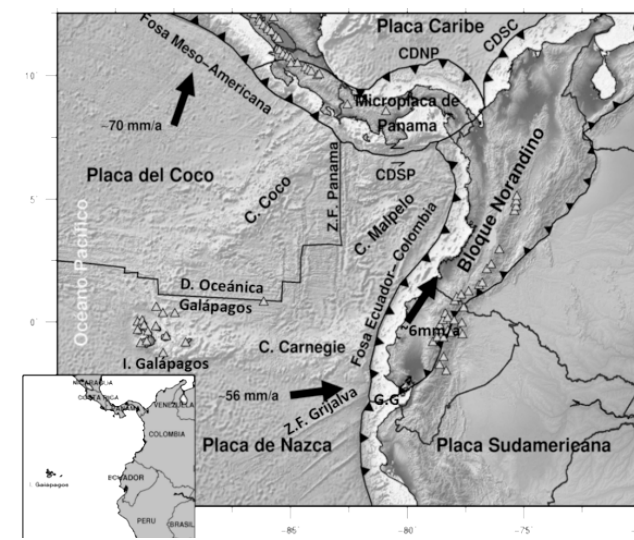


Figura 2: Características tectónicas del Ecuador.
Fuente: Parra Cárdenas et al., n.d.

afectación que produce y por los efectos colaterales que genera, de ahí la necesidad de realizar estudios para disminuir su impacto.

Se conoce que un temblor de tierra es la sacudida del suelo producido por una liberación inesperada de energía almacenada en las rocas internas de la tierra, las cuales al encontrarse generan ondas sísmicas que se despliegan en diversas direcciones y que son percibidas en la superficie del suelo como vibraciones (Sagripanti et al., 2007). Este movimiento vibratorio del suelo tiene la capacidad de modificar el estado de reposo relativo de los cuerpos y de todo lo que se apoya sobre el (De la Colina Martínez & Ramírez de Alba, 1999).

Los fenómenos que causan los sismos suelen ser variados, entre los que se destacan son los producidos por ruptura de fallas geológicas, por procesos volcánicos y los de origen tectónico. Estos sismos de origen tectónico se derivan de la alteración de las placas que conforman la corteza terrestre (Figura 1) (De la Colina Martínez & Ramírez de Alba, 1999), y se pueden presentar con mayor frecuencia e intensidad en la zona del “Cinturón de Fuego del Pacífico”, lugar donde la tierra libera más del 80% de la energía acumulada en su interior (Tavera, 2014), caracterizándose además, por concentrar zonas de subducción entre placas ocasionando un gran movimiento sísmico y volcánico.

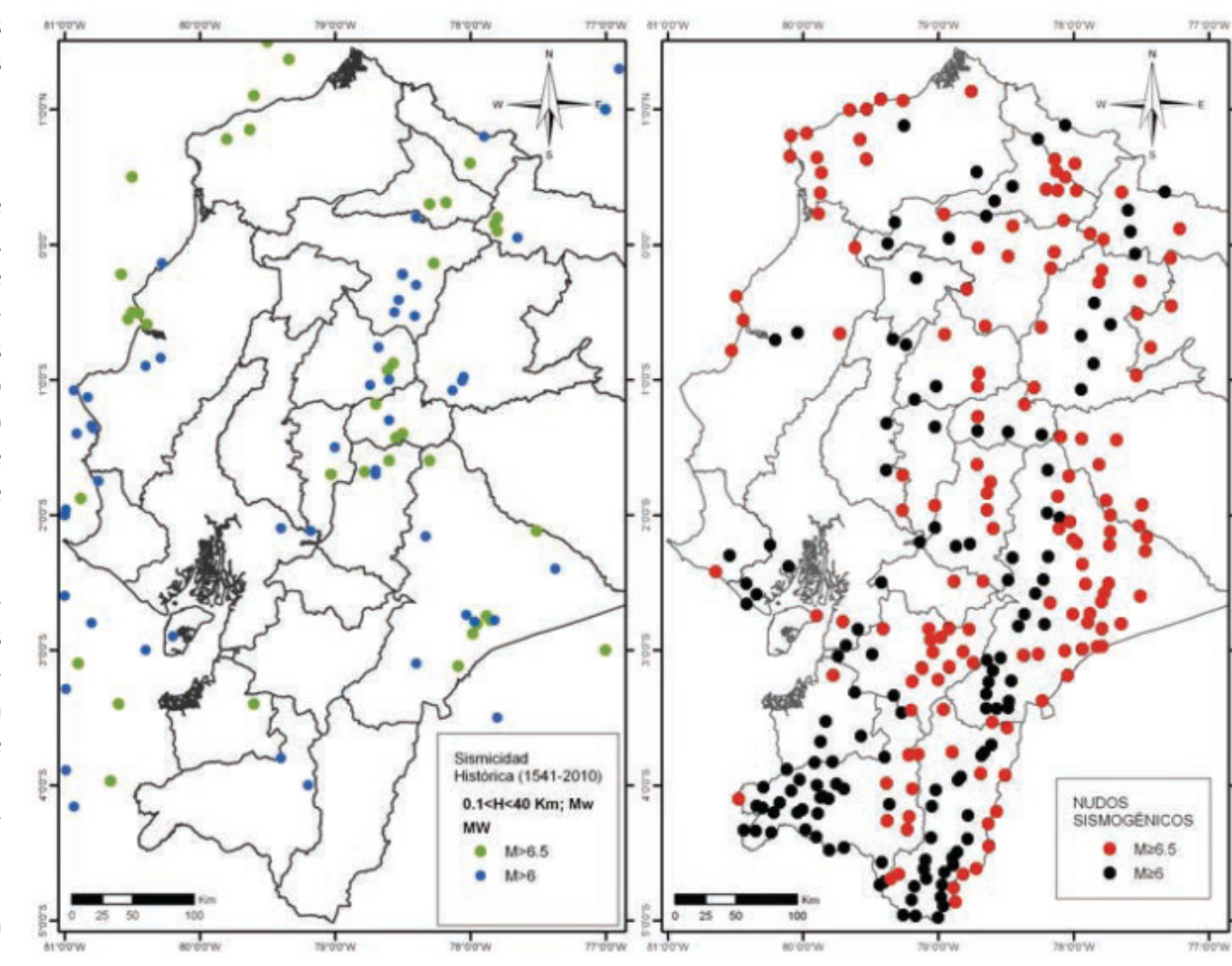


Figura 3: Mapa de zonificación de terremotos históricos y nudos sismogénicos del Ecuador
Fuente: Chunga et al. 2011.

Por su ubicación geográfica, algunos países se hallan más propensos que otros a la acción e impactos de sismos, como ocurre con el Ecuador, que al formar parte del cinturón de fuego (Figura 2) y por su posición en el bloque Nor-Andino de Sudamérica, su movimiento sísmico se relaciona a dos fuentes sísmicas, la primera refiere a la fase de subducción entre las placas oceánica (Nazca) y continental (Sudamericana), las cuales producen eventos interplaca (profundidad menor de 40 km.) e intra placa (profundidad entre 40 y 300 km) (Delgado, 2015), la fricción de estas placas presentes en el borde costanero da origen a sismos importantes, es decir que la magnitud alcanzaría $M_w > 8.0$ (Tavera, 2014). La segunda es de tipo cortical, caracterizándose por producirse a lo extenso de las fallas geológicas o rupturas de la corteza terrestre entre 10 y 40 km. Se conoce que de las cuatro regiones que seccionan al país, la región Sierra es la que posee un mayor número de fallas y pliegues producto de las alteraciones de la corteza terrestre en esta región, las intersecciones de estas fallas según Chunga et al., (2011) son capaces de generar terremotos de carácter cortical de magnitud mayor a 6 (Figura 3).

2.1.3 Sismicidad histórica del Ecuador

Ecuador está asociado a una zona generadora de sismos, donde seguramente estos han ocurrido hace millones de años. Dentro del historial sísmico este fe-

nómeno ha provocado la pérdida de ciudades como la de Riobamba e Ibarra y la pérdida de más de 60.000 personas (Yepez et al., 1994).

Moncayo et al., (2017) efectuaron una investigación con la finalidad de recopilar información sobre los terremotos sucedidos en la escala de Richter mayores a 6.5 ocurridos en Ecuador en los últimos 70 años. Utilizaron el Método de la Energía Liberada (MEL) para determinar las etapas de reactivación sísmica, donde concluyeron que el terremoto de enorme intensidad que hasta la fecha se ha producido en territorio ecuatoriano fue el ocurrido en 1906 de una magnitud de 8.8 grados siendo el epicentro Esmeraldas. Después de este resurgimiento sísmico a principios del siglo XX en Ecuador hubo dos décadas de sosiego sísmico, mientras que para el año 1950 la energía liberada aumentó alcanzando un nivel 35 veces menor en relación a la energía liberada a comienzos del siglo.

Al estudiar la sismicidad histórica del Ecuador se denota que los acontecimientos sísmicos se concentran en su mayoría en el valle interandino, aunque esto no quiere decir que se registraran los sismos que liberaron mayor energía a causa de que el movimiento sísmico es diferente a consecuencia de las características geológicas y tectónicas (Rivadeneira et al., 2007). En la tabla 1, se listan los terremotos superiores a 6° (M) suscitados en el país durante el siglo pasado.



Figura 4: Pelileo antes del sismo del 5 de agosto de 1949
Fuente: Singaicho Armas, J. (2009)



Figura 5: Pelileo después del sismo del 5 de agosto de 1949
Fuente: Singaicho Armas, J. (2009)

SISMICIDAD HISTÓRICA EN EL ECUADOR			
Fecha	Magnitud	Epicentro	Daños
1797	8,3	Riobamba	Destrucción total de la zona afectada, la pérdida humana y en infraestructura fue incalculable. La ciudad de Riobamba fue reconstruida a 20 km de la zona del sismo.
1868	7	Ibarra	Ocasiona en diferentes pueblos y ciudades deslizamientos de tierra y cierre de las vías de comunicación.
1906	8,1	Ecuador - Colombia	Sismo con epicentro en el Océano Pacífico, de magnitud 8.1, genera un tsunami con un potencial destructivo. El mismo fue sentido en los países de Colombia, Costa Rica y Nicaragua.
1949	6,7	Ambato	Produjo el colapso de varias iglesias, cuarteles y edificios de la ciudad, además se produjeron réplicas y precipitaron lluvias torrenciales.
1958	7,3	Ecuador - Colombia	El movimiento se sintió en el norte de Ecuador y parte de Colombia, produjo el colapso del 30% de las construcciones en la ciudad de Esmeraldas. Posterior a este sismo se originó un tsunami.
1987	6,4	Napo	Provocó deslizamientos de tierra, y el colapso total de casas en el sector rural, además la destrucción de tramos del oleoducto trans-ecuatoriano por lo que se suspendió el bombeo del petróleo.
2016	7,8	Perdernales	El movimiento se sintió en los países de Perú y Colombia, produjo la destrucción de casas, edificios, hoteles e infraestructura de carácter esencial, dejando alrededor de 700 personas fallecidas.

Tabla 1: Catálogo de la Sismicidad Histórica en el Ecuador.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2020).

Los terremotos descritos poseen intensidades mayores o similares a 8 MSK (escala que se basa en las consecuencias destructivas y grado de afectación). La magnitud (M) es la calculada por Egred en su trabajo (Araujo, n.d.).



Figura 6: Patología: Piso flexible. Núm de pisos: 9
Fuente: Vélez Santiago (Hora 13:37, 28/Mayo/2016).



Figura 7: Patología: Exceso de peso en la fachada. Núm. de pisos: 5.
Fuente: Aguilar & Mielles (2016).

El último sismo de capacidad destructiva mayor al terremoto de 1987 ocurrió el 16 de abril del 2016 con epicentro en el cantón Pedernales, el cual alcanzó 7.8 Mw (Magnitud de momento) afectando a diversas provincias de la Costa. Como consecuencia del impacto, viviendas e infraestructuras críticas fueron las que presentaron mayor afectación al salir de funcionamiento, con relación a la infraestructura escolar 166 instituciones sufrieron afectación media y grave (SNGR, 2016). Se concluyó que las diferentes edificaciones fallaron debido a diferentes patologías como lo son: choque entre estructuras adyacentes, incompatibilidad de materiales, torsión en planta, el uso de arena de mar lo que aceleró la corrosión de las varillas y piso flexible o discontinuidad de rigidez (Figuras 6, 7) (Cañizares, 2016).

Ecuador al localizarse en una zona de amenaza sísmica importante la vulnerabilidad de las edificaciones que se han construido sin normas de diseño sismorresistente es alta, en este contexto Aguilar & Mielles (2016) resumen que, en consecuencia de que la construcción de edificaciones en hormigón armado en Portoviejo se consolidó durante los años 80, estas fueron diseñadas bajo normas antiguas, calculadas si acaso para cargas verticales, siendo esta la causa principal de que cerca de 40 edificios colapsaran y otros que quedarán en pie fueran derrocados (Aguilar & Mielles, 2016).

2.1.4 Surgimiento de la Norma de diseño sismorresistente

2.1.4.1 Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC 2000)

El Código Ecuatoriano de la Construcción fue revisado para el año 2000, este documento hace referencia a parámetros y normativas a cumplir como requisitos mínimos básicos para el diseño. En el capítulo riesgo sísmico definía principios de diseño sismorresistente basado en un mapa de zonificación, el cual contaba con apenas 4 niveles de amenaza. Entre los requisitos que se debían procurar está el de prevenir daños en elementos estructurales y no estructurales ante terremotos pequeños, moderados y severos, ya sean frecuentes o poco frecuentes.

Dicho código no consideraba factores como cargas externas, cimentación, estudios geotécnicos o el diseño y tipo de estructuras, así pues la CEC-2000 trata de analizar que la edificación sea adecuada para tolerar resistencias mínimas de diseño.

2.1.4.2 Norma ecuatoriana de la construcción (NEC 2015)

La Norma Ecuatoriana de la Construcción tiene como objetivo principal la actualización del CEC 2000, don-

de los diferentes capítulos recogen una serie de normativas que establecen requisitos mínimos de seguridad y calidad en las edificaciones en todas las etapas del proceso constructivo.

Para propósitos del trabajo de titulación la norma de interés es la NEC-SE-DS, la cual establece como filosofía de diseño sismorresistente el evitar la pérdida de vidas a través de impedir el colapso de cualquier tipo de estructura. A partir de esto, se presentan unos requisitos mínimos que debe cumplir toda construcción:

1. Prevenir daños en elementos no estructurales y estructurales ante terremotos pequeños y frecuentes que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.
2. Prevenir daños estructurales graves y controlar daños no estructurales ante terremotos moderados y poco frecuentes que pueden ocurrir durante la vida útil de la estructura.
3. Evitar el colapso ante terremotos severos que pueden ocurrir rara vez durante la vida útil de la estructura, procurando salvaguardar la vida de sus ocupantes.

De este modo se pretende que las edificaciones presenten un adecuado margen de seguridad frente a los diferentes niveles de movimientos esperados.

2.2 VULNERABILIDAD SÍSMICA

2.2.1 Fundamentos y conceptualización de vulnerabilidad

La vulnerabilidad sísmica es el grado de exposición y clase de daño esperado de un elemento o grupo de elementos ante la probabilidad de que suceda un evento sísmico, además esto dependerá de las características constructivas, dado que la calidad de las normas de diseño influye en la vulnerabilidad física de las estructuras (Giner & Molina, 2001).

Al identificar la amenaza sísmica y el peligro de los edificios en la ciudad, se vuelve indispensable pensar en acciones de prevención para la minimización del riesgo, sobre todo en aquellas zonas frágiles del centro urbano, tales pueden ser: normas técnicas de construcción y de ingeniería para hacer edificios y estructuras más resistentes al peligro, además de la planificación del uso del suelo que limiten el acceso a las áreas propensas a desastres naturales. Entre los programas para reducción de riesgos sísmicos en el ámbito de la construcción tenemos la Norma Ecuatoriana de la Construcción la cual presenta criterios y métodos de diseño para minimizar la vulnerabilidad de las edificaciones (NEC-SE-DS, 2015).

2.2.2 Tipos de vulnerabilidad sísmica

2.2.2.1 Vulnerabilidad estructural

La vulnerabilidad estructural se asocia a la susceptibilidad de los componentes estructurales de una edificación al sufrir daños a causa de fuerzas sísmicas. Este daño estructural de la edificación comprende el deterioro físico de los componentes que integran el sistema constructivo de la edificación. El nivel de daño provocado por sismo dependerá del comportamiento estructural, el cual está relacionado con la calidad de los materiales empleados, la configuración arquitectónica/estructural, la característica de los componentes estructurales, sistema constructivo y las cargas que soporta. Para reducir el nivel de daño en la etapa de diseño y construcción se debe priorizar que los componentes estructurales cumplan con las normas de diseño sismorresistente, para de este modo garantizar la integridad de la edificación frente a un evento sísmico.

2.2.2.2 Vulnerabilidad no estructural

La vulnerabilidad no estructural se asocia a la susceptibilidad de los componentes no estructurales al sufrir daños a causa de fuerzas sísmicas. Los componentes no estructurales pueden ser: puertas, ventanas, muebles, equipo mecánico, canales de ductos etc., los cuales pueden tener deterioro físico y provocar importantes niveles de daño y conducir a pérdidas cuantiosas e interrumpir el funcionamiento de la edificación.

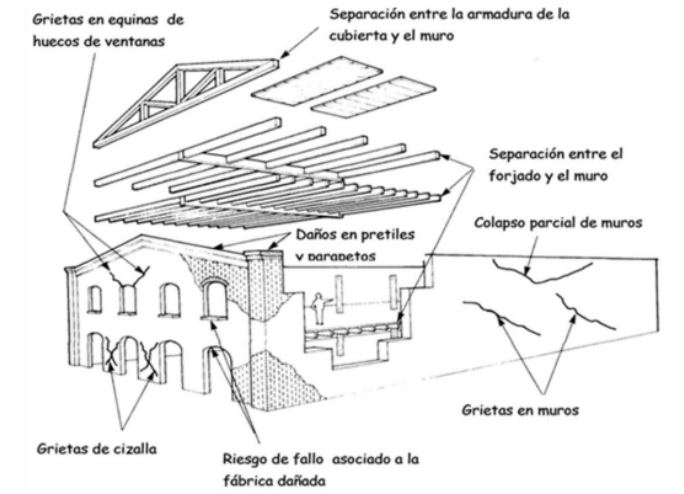


Figura 8: Tipología de fabricación en tierra.
Fuente: Fernández Castanys. M. (2012).

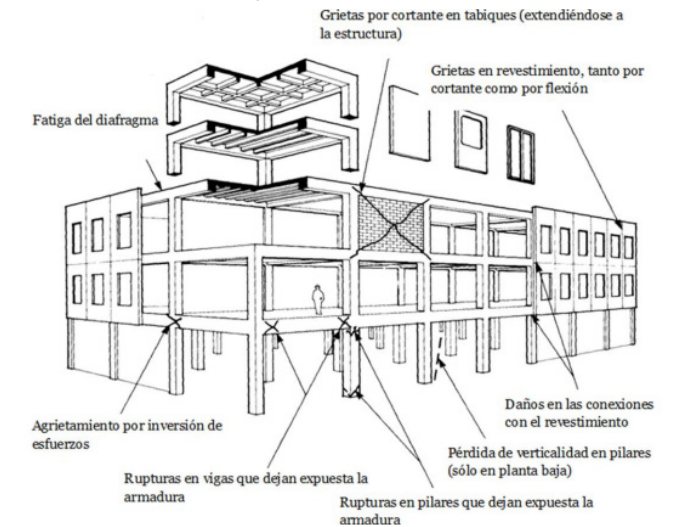


Figura 9: Tipología de construcción en hormigón armado.
Fuente: Fernández Castanys. M. (2012).

2.2.3 Factores que influyen en la vulnerabilidad y los daños

Debido a que en el casco urbano se concentra un mayor porcentaje de población y se desarrollan las infraestructuras y servicios, la evaluación de vulnerabilidad de estos se convierte en necesidad, así pues, el comportamiento estructural de los edificios puede mitigar los desastres producidos por el terremoto. Los daños que sufren las edificaciones son el resultado de diversos factores que pueden estar relacionados con la fuerza del movimiento, la ubicación del edificio, el diseño, la ejecución, la tipología constructiva y la degradación de este (Vidal & Feriche, 1995). Al estudiar la relación entre estos factores se podrán mejorar los códigos de construcción sismorresistentes, realizar mejores controles de calidad en las obras e incluso elaborar planes de emergencia frente a situaciones de riesgo. Entre las variables más relevantes tenemos:

2.2.3.1 Tipología de construcción

Al realizar un estudio de vulnerabilidad en el edificio su tipología constructiva nos indicará el material estructural y el modo de construcción, el cual va condicionado al diseño y la ejecución de la obra, por esta razón, las obras con deficiencias en el comportamiento estructural ante sismos sin importar el ma-

terial de construcción se encuentran en alto riesgo y expuestas a colapso. El comportamiento de un material específico definirá la fragilidad de la estructura que supondrá el fallo rápido o la resistencia que sería la propiedad más deseable. Las tipologías más comunes son:

- **Construcción en tierra:** las principales técnicas que utilizan la tierra cruda como material para construir son el adobe, el tapial y el bahareque. Este último es la técnica más usada, este sistema se caracteriza por su rapidez en construcción, sin embargo su principal desventaja es la humedad (Yepez Tambaco, 2012) (Figura 8). Desde la perspectiva de Arancibia et al., (2011) considera que las técnicas tradicionales en tierra no son las más adecuadas para las áreas sísmicas, debido a que estructuralmente tienen limitaciones ante esfuerzos sísmicos, además de que se debe procurar el continuo mantenimiento de este tipo de estructuras.
- **Construcción en hormigón armado:** este sistema constructivo es el de mayor uso según la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Hormigón Armado”, este tipo de estructuras debe poseer un mecanismo dúctil, que permita una adecuada disipación de energía sin colapso, además de cumplir con la filosofía de diseño sismorresistente entre los requisitos están que pueda

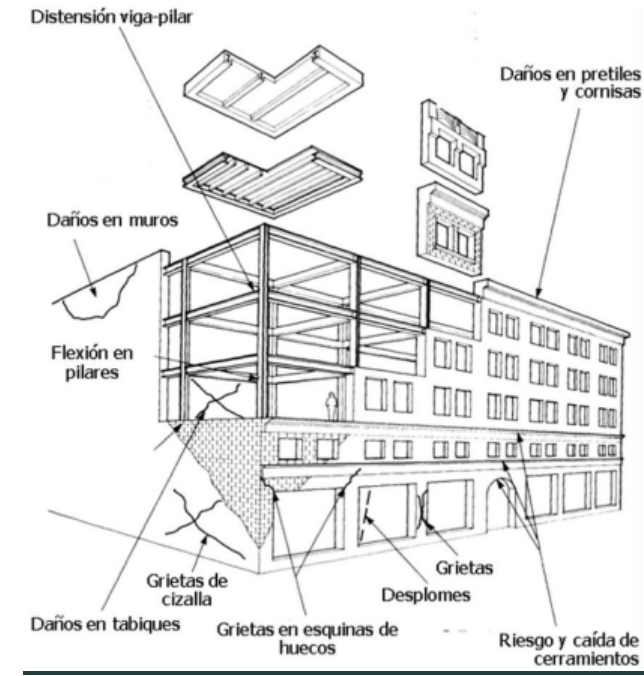


Figura 10: Tipología de construcción en acero.

Fuente: Granada. Fernández Castanys. M. (2012).

prevenir daños en elementos estructurales y no estructurales ante terremotos pequeños o moderados (Figura 9).

- **Construcción en acero:** método de construcción caracterizado por la rapidez de montaje y por sus propiedades físicas y mecánicas. Entre las características principales que debe poseer el material destacan la resistencia mecánica y alta ductilidad, las cuales ayudan para que el elemento pueda acomodar las deformaciones considerables y también que pueda disipar energía, dando como resultado un alto nivel de sismorresistencia (Figura 10).

2.2.3.2 Diseño

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Vivienda”, la efectividad del diseño estructural depende de la continuidad vertical y de la regularidad de la distribución en planta y altura, así pues, la asimetría, los voladizos, la mala distribución de las masas y la irregularidad estructural son castigados cuando sucede un sismo.

De este modo, cuando se realiza una edificación se diseña pensando que la estructura va a sufrir daño ante las cargas consideradas en el espectro de diseño, pero que la misma no va a colapsar. Toda edifica-

ción debe ser diseñada en base a un sistema sismorresistente en el cual el uso de materiales de buena calidad y buenas técnicas de construcción permitirá que la vivienda tenga un comportamiento para resistir la acción de un sismo, por el contrario, si existen pobres métodos de edificación y una mano de obra deficiente, la edificación posee una alta vulnerabilidad estructural y bajas probabilidades de resistir un sismo fuerte.

2.2.4 Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones

“La vulnerabilidad sísmica se define como una propiedad intrínseca de la estructura, una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño (Sandy, 1986)”.

El alcance del estudio de la vulnerabilidad sísmica está condicionado por el tipo de daño que se requiere evaluar, por el nivel de amenaza existente, la información a la que se tiene acceso de la estructura y datos que tengan relación a tipos de daños ocasionados por sismos que se han producido en la zona de interés. Definidos estos factores el objetivo del estudio de la vulnerabilidad es establecer el daño esperado en la estructura en caso de un escenario sísmico con determinadas características (Yépez et. al., 1996).

Esta medición de la vulnerabilidad sísmica nos permite establecer de manera cualitativa o cuantitativa el estado de daño o afectación que puede llegar a tener una estructura. Para la medición de la vulnerabilidad sísmica existen diversas metodologías propuestas por diversos autores, estas se basan en el estudio del desempeño sísmico de los edificios de acuerdo a su estructura y construcción. Entre el conjunto de metodologías Martínez (2014) destaca las siguientes:

- **Método empírico:** se basa en la experiencia recogida sobre el comportamiento de los diferentes tipos de edificaciones ante sismos y la caracterización de las deficiencias sísmicas, donde a cada tipología constructiva se le asigna una clase de vulnerabilidad en una escala que puede ser cualitativa o numérica.
- **Método analítico o teórico:** se fundamenta en la evaluación de la resistencia de la estructura ante los movimientos del terreno, se utiliza como base un modelo mecánico de respuesta estructural donde se integran como datos las características mecánicas de la estructura.

2.2.5 Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones existentes utilizando el manual FEMA 310

El objetivo del manual FEMA 310 es establecer si de-

terminada edificación fue correctamente diseñada y construida para resistir el movimiento por vibración del suelo en caso de sismo. Según el mismo manual las edificaciones se evalúan para garantizar un nivel de seguridad de vida y un nivel de ocupación inmediata posterior al evento sísmico. El manual FEMA 310 se constituye de tres niveles de investigación (Figura 11), que se utilizan según las características de cada edificación, estos son:

Nivel 1

- **Fase de selección:** Determinar si la estructura satisface los criterios de diseño, construcción o evaluación con cierto nivel de desempeño según el criterio del código de construcción. Los resultados obtenidos nos permitirán determinar las deficiencias estructurales.

Nivel 2

- **Fase de evaluación:** Para esta fase se aplicará alguno de los siguientes métodos: Análisis estático lineal, Análisis dinámico lineal o Análisis espectral. El análisis dinámico se utiliza en caso de que la edificación posea problemas de configuración estructural.

Nivel 3

- **Fase detallada de evaluación:** Esta fase se realiza para toda edificación que haya cumplido con los requisitos de evaluación o para los elementos que se han determinado deficientes en la evaluación del nivel 1 o nivel 2.

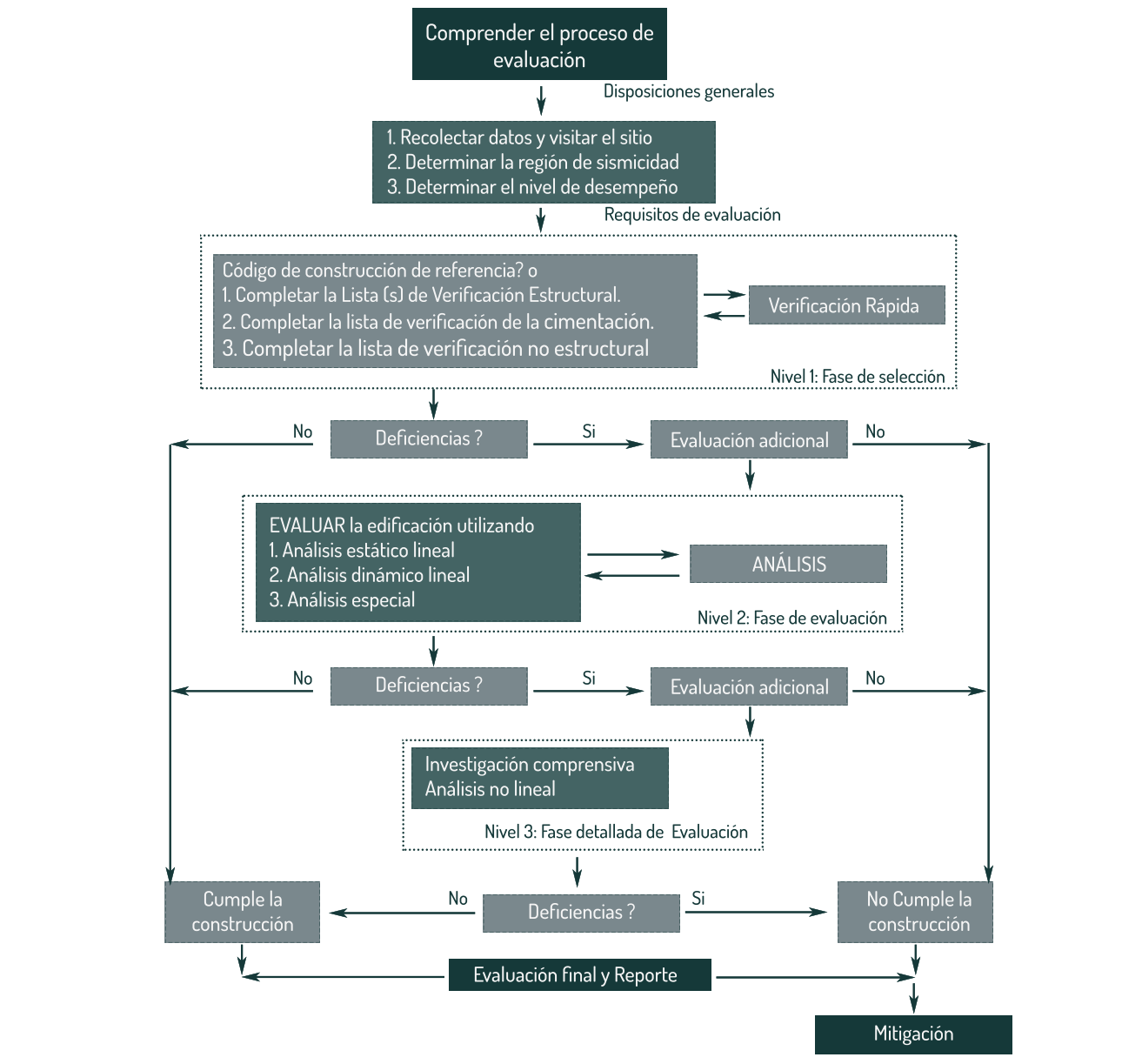


Figura 11: Flujograma del FEMA 310, para evaluar estructuras existentes. Recuperado de: FEMA 310, 1998. Adaptación: AVECILLAS&BURUHUAN, 2021

2.3 RIESGO SÍSMICO

2.3.1 Conceptualización del riesgo sísmico

Según el criterio de Fernández (2012), “El riesgo sísmico son los daños o consecuencias (económicas o sociales) esperables o probables debidas a los terremotos que pueden afectar a un lugar en determinado periodo de tiempo. Este daño probable en uno o varios elementos en riesgo en un lugar (o en un área), es función de la peligrosidad sísmica esperada, de la vulnerabilidad del componente en riesgo y del intervalo de exposición”, por lo tanto, si se tiene en cuenta el potencial de una región para sufrir sismos destructores, la evaluación de riesgo sísmico debe realizarse mediante modelos capaces de predecir los futuros escenarios. “Para ello se sabe que el riesgo viene determinado por la convolución de la amenaza con la vulnerabilidad, dando como resultado la pérdida potencial esperada en la sección expuesta” (Barbat et al., 2011): $R = E \cdot A \cdot V$

Siendo: R= Riesgo

E= Elementos expuestos

A= Amenaza

V= Vulnerabilidad

De esta manera el riesgo sísmico está relacionado con la predicción de futuras pérdidas, donde las principales características que amenazan a las diferentes infraestructuras son la ubicación geográfica, el diseño y su construcción. (Figura 12)



Figura 12: Composición del riesgo sísmico. Elaboración: AVECILLAS&BURUHUAN 2021

2.3.2 Zonas sísmicas del Ecuador

El Ecuador está dividido en seis zonas sísmicas, identificadas por el valor del factor de zona Z. “Toda la circunscripción ecuatoriana está catalogada como amenaza sísmica alta, excepto el nororiente que evidencia una amenaza sísmica intermedia, mientras que el litoral ecuatoriano representa una amenaza sísmica bastante alta” (NEC-SE-DS, 2015). (Figura 13)

2.3.3 Riesgo sísmico a escala local y urbana para Cuenca

Si se realiza la limitación al área de estudio se puede ubicar a la ciudad de Cuenca en la zona de alta sismicidad según lo explica la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Peligro Sísmico”, la ciudad corresponde a la segunda zona del mapa de peligrosidad

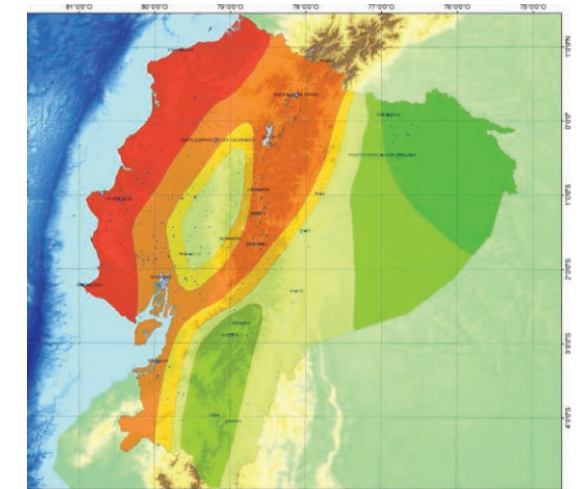


Figura 13: Zonas sísmicas del Ecuador, para propósitos de diseño. Fuente: NEC-SE-DS (2015)

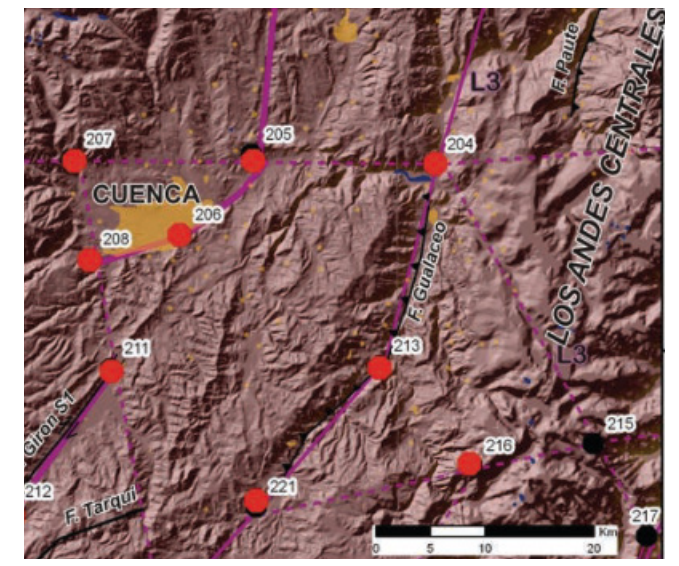


Figura 14: Mapa de nudos sismogénicos cercanos a la ciudad de Cuenca. Fuente: Chunga et al., (2011).

dad sísmica del Ecuador (Figura 13) y con un valor de factor z de 0.25 g para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años).

Las características geológicas del Azuay están afectadas por seis nudos sismogénicos (fallas geológicas) que son indicadores de áreas críticas y con potencial para generar sismos de magnitud mayor o igual a 6.5 (Chunga et al., 2011) (Figura 14), sobresaliendo la falla geológica de Girón que es la principal fuente sismogénica con un potencial sísmico de 7.1 Mw (Jiménez et al., 2018). Con respecto al centro urbano de la ciudad de Cuenca, existe un mapa integrado de daño estructural (Figura 15), el cual presenta una posible distribución espacial de los efectos potenciales que puede causar un sismo, el mismo que va de acuerdo con el grado de vulnerabilidad que componen el sistema constructivo expuesto. En el mismo se puede observar también que el área de interés que comprende el campus universitario se identifica como zona de daño moderado, mientras que el Centro Histórico como zona de daño severo a causa de la configuración de las edificaciones con mampostería no reforzada además de ser construcciones antiguas, si a esta situación se considera el incremento de la población y el parque inmobiliario existe una gran posibilidad de un escenario crítico en caso de sismo. Se puede definir que un buen diseño sismorresistente contribuye a la reducción de los desastres económicos, sociales y ambientales.

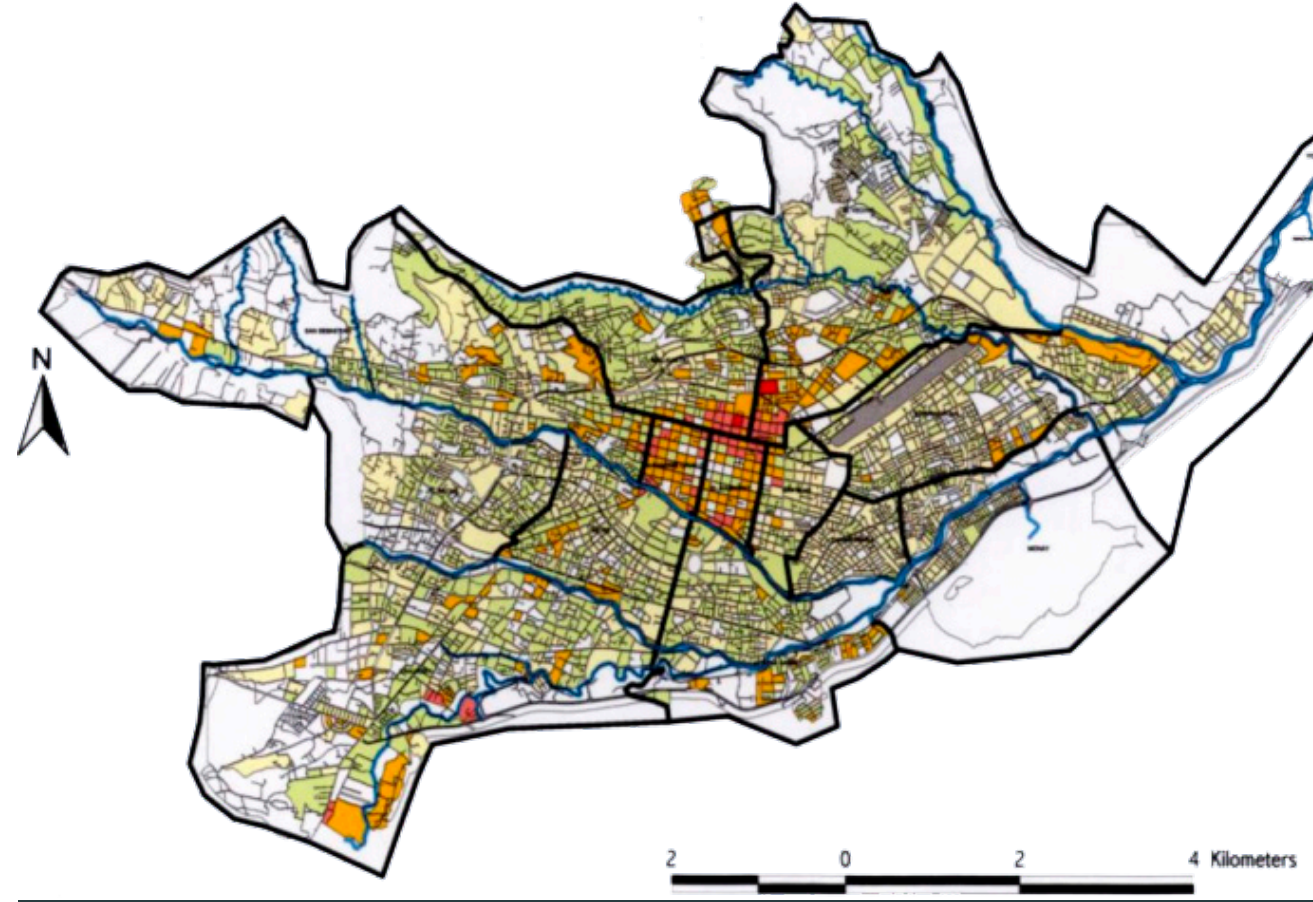


Figura 15: Mapa integrado de daño estructural (0.5g) – Mampostería no reforzada y Hormigón armado.
Fuente: Jiménez Pacheco, et al., (2018).



2.4 MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EDIFICIOS

La mitigación del riesgo sísmico en edificios, se fundamenta en acciones preventivas para incrementar la resistencia o para entender el comportamiento estructural del edificio y de esta manera mejorar las líneas vitales para la seguridad de los usuarios en las edificaciones y para la reducción del impacto social ante la ocurrencia del evento sísmico. Dichas acciones serán ejecutadas de acuerdo a la normativa existente en cuanto a señalética, el interés principal del presente trabajo de titulación se basa en identificar las zonas seguras o de menor riesgo, y que a partir de esta información un equipo de profesionales pueda definir la señalética aplicable al contexto.

Por su ubicación geográfica y geológica, Ecuador constantemente se encuentra amenazado por desastres naturales de carácter destructivo, siendo por esta razón, que los establecimientos que concentran un mayor número de personas son los elementos con mayor riesgo en los centros urbanos, lo que hace que requieran la identificación de zonas seguras o de menor riesgo con su respectiva señalización que facilite a los usuarios de las edificaciones dirigirse a puntos de menor riesgo o salidas de emergencia en caso de ser necesario (Figura 16).

Dichos planes de prevención y mitigación se deben llevar a cabo con base en análisis y estudios realizados a construcciones existentes, dichos estudios

incluso nos deben permitir tener una certeza de un buen desempeño estructural ante eventos naturales de gran magnitud.

“La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2968 propone el proceso para seguridad en servicios educativos, identificación y manejo de riesgos” (INEN, 2014).

2.4.1 Objeto y campo de aplicación

El objetivo de esta norma es dotar al equipo directivo del servicio educativo de una herramienta que le permita conocer los riesgos en los servicios educativos y a través de la aplicación de esta norma establecer un procedimiento sistemático por el cual se identifiquen potenciales situaciones de riesgo y se tomen acciones para eliminarlas o minimizarlas. Este proceso de identificación, eliminación o mitigación y posterior control se espera que mejore las condiciones de seguridad de los servicios educativos.

2.4.2 Proceso a seguir antes de definir un escenario de peligro.

Ante la detección de una posible situación de peligro mediante la implementación del equipo de gestión se debe:

- Eliminar, mitigar o aislar la situación de riesgo a



Figura 16: Zona de menor riesgo en caso de sismo.
Fuente: <https://proteccioncivilinfo.files.wordpress.com/2014/11/punto-de-reunion-y-zonal.jpg>

través de un plan de evacuación.

- Iniciar una acción correctiva para la implementación inmediata.
- Consultar a expertos en la materia (en el caso de establecimientos no oficiales) respecto a los pasos a introducir, de acuerdo con el alcance de la situación de riesgo, para que sean técnica y científicamente aceptables.
- Incluir la condición que da lugar a la situación de riesgo en la lista de verificación de situaciones de riesgo para el control sistemático.

2.4.3 Zonas de menor riesgo del edificio

Las zonas de menor riesgo son los espacios con menor peligro de colapso o daños que se encuentran dentro de la construcción. Generalmente por recomendación de gestión de riesgos se menciona qué se debe realizar para protegerse en caso de un sismo.

Comúnmente sugieren a las personas lo siguiente:

- Tratar de alejarse de las paredes exteriores
- Alejarse de las ventanas ya que al romperse los vidrios pueden producirse mayores lesiones a causa de cortes,
- También como medida de protección sugieren ubicarse debajo de una mesa o escritorio, del marco de una puerta o de una columna.

Los daños producidos por terremotos en edificios de ocupación masiva han motivado a la definición de estándares de comportamiento que debe poseer la edificación con el objetivo de reducir pérdidas económicas, funcionales y en especial la vida de los usuarios, esta última se lograría con la aplicación de protocolos o programas para actuar en caso de un evento sísmico.

Los programas de acción sismorresistente poseen una serie de recomendaciones básicas referentes a una correcta respuesta por parte de los usuarios. A continuación se describen los puntos principales (Tinajero, 2018)(Reyes, 2013):

1. Determinar las zonas seguras por piso dentro del edificio para resguardo personal. Una de las zonas más seguras dentro de un recinto es el cruce que hacen las vigas con las columnas de carga. Otro espacio seguro es el núcleo del elevador debido a sus características constructivas en hormigón armado.
2. Determinar vías de evacuación hacia las zonas de seguridad del piso y hacia las zonas de seguridad externas.
3. En lugares donde existen objetos de vidrios y ventanas que en caso de sismo puedan llegar a quebrarse, se considera como zona insegura y se aconseja alejarse de ella.

Se recomienda que la evacuación de la edificación debe realizarse en un lapso de 30 a 60 segundos como máximo, si esto tomara más tiempo se aconseja dirigirse a las zonas seguras o de menor riesgo previamente identificadas y desalojar el edificio cuando haya terminado el evento sísmico.

Un factor importante que deben poseer todos los edificios son las identificaciones de las zonas seguras o menor riesgo para casos de sismos, incendios y cualquier otro tipo de peligro. Esta información debería ser conocida por los usuarios de las edificaciones, dado que, en caso de ocurrir una emergencia al tener identificadas las zonas seguras se minimizaría el riesgo sobre las personas.

Para la planificación de planes de prevención en caso de desastres se debe comenzar por la identificación de la amenaza para después mediante un análisis evaluar la vulnerabilidad (grado de pérdida de un elemento o un conjunto de elemento en riesgo) mediante programas o métodos que nos permitan tener una respuesta lo más cercana a la realidad.

2.5 ANÁLISIS DINÁMICO DE ESTRUCTURAS

“El análisis dinámico en estructuras consiste en el proceso sistemático que permite obtener la respuesta estructural tomando en cuenta la variación de cargas en el tiempo. Esto quiere decir que se analizan las fuerzas y desplazamientos que se producen en el sistema cuando un agente excitador origina vibraciones en el mismo” (Cordero, 2017).

El objetivo de la dinámica estructural en aplicación a las construcciones sismorresistentes se basa en predecir el comportamiento de la edificación para establecer el grado de demandas causadas por una carga dinámica como consecuencia de un sismo.

Este tipo de análisis sobresale debido a tres causas principales, la primera es que en la actualidad se construyen edificios más esbeltos y flexibles, lo que significa que poseen periodos más altos, la segunda es que las cargas a las que está sometida la edificación son o pueden llegar a ser dinámicas, y la tercera, al aplicar este tipo de análisis en la verificación de un diseño este puede ser corregido hasta conseguir un comportamiento satisfactorio.

Dentro del propósito del presente trabajo de titulación se han definido los siguientes conceptos siendo necesarios para la investigación.

2.4.1 Análisis Modal

“El análisis modal es un método para la caracterización dinámica de una estructura elástica por medio de sus modos de vibración, (...). Al excitar en forma arbitraria a una estructura elástica, esta adquiere un estado vibratorio que resulta de la composición de un conjunto de movimientos independientes bien definidos, conocidos como modos de vibración” (Pastorini et al., 1987).

Para países que poseen gran actividad sísmica el análisis modal en el diseño de los edificios y estructuras resultan de gran importancia para evitar que estas entren en resonancia con los periodos fundamentales de los suelos sobre los que han sido construidas. Así pues, el periodo fundamental de vibrar de un edificio existente es un parámetro que nos ayuda a determinar las condiciones actuales de seguridad estructural (Peralta et al., 2014).

De esta manera, la respuesta estructural de una edificación durante un evento sísmico dependerá de la relación entre el periodo de vibración de las ondas sísmicas y su propio periodo de vibración, si los dos periodos igualan sus valores y su relación, la edificación entra en resonancia aumentando las deformaciones y aceleraciones de la edificación (Domínguez Caicedo, 2014).

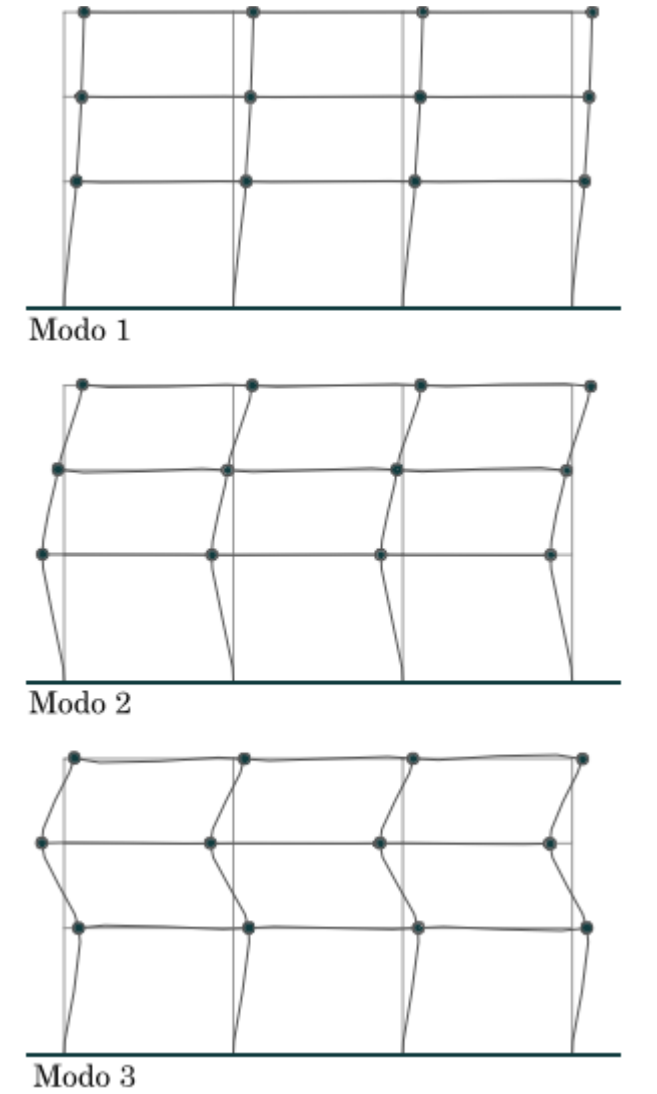


Figura 17: Respuesta modal de un edificio de tres plantas. Recuperado de: Vielma et al., 2021.

2.4.1.1 Metodología de aplicación para el análisis modal

Chopra (2014) desarrolla una metodología para determinar la respuesta dinámica en un sistema de varios grados de libertad ante fuerzas externas a través del análisis modal (Figura 18).

Los puntos principales se resumen en:

1. Definir las propiedades estructurales (matriz de masa y matriz de rigidez) y la fracción de amortiguamiento modal.
2. Determinar las frecuencias naturales y los modos naturales
3. Cálculo de la respuesta de cada modo a través de los desplazamientos nodales y del cálculo de las fuerzas de los elementos asociados con los desplazamientos nodales.
4. Combinar las contribuciones de todos los modos para determinar la respuesta del edificio.

Para ejemplificar dicho análisis en la figura 17 se muestra un gráfico con los resultados del análisis dinámico aplicado a un pórtico de tres plantas, donde se puede observar que cada modo de vibración tiene unos desplazamientos específicos y propios que definen su forma modal.

2.4.2 Modo de vibración

El modo de vibración es la forma característica en la que vibrará un sistema estructural, una gran parte de los sistemas tienen diversos modos de vibración y es trabajo del análisis modal determinar la forma de estos. Con cada modo de vibración se tiene un factor de participación de masa, este es el porcentaje de masa que se “activa” para ese modo de oscilación determinado (Cordero, 2017). Como se sabe, la vibración de una estructura es la combinación de todos los modos de vibración y esta tendrá tantos modos de vibración de acuerdo a los tantos grados de libertad que posea.

2.4.3 Grado de libertad

Se conoce que los grados de libertad son las direcciones en el que cada nodo es capaz de desplazarse o girar. En un espacio tridimensional un nodo es capaz de rotar en tres direcciones, al igual que puede desplazarse en tres direcciones (Figura 19), dando como resultado un total de seis grados de libertad (Pardo, 2020).

2.4.4 Análisis modal espectral

El análisis modal espectral se utiliza para estimar los valores máximos de los desplazamientos y las aceleraciones en cada modo de vibración mediante el uso



Figura 18: Esquema de metodología para determinar la respuesta dinámica a través del análisis modal.
Recuperado de: Chopra, 2014. Adaptación: Avecillas&Buruhan, 2021

del espectro de diseño, el cual representa el promedio de espectros de respuesta para diversos sismos considerando algunos parámetros adicionales de los códigos de diseño de cada país.

2.4.5 Período

El periodo de una estructura es el tiempo en segundos que se demora en completar un ciclo. Este concepto resalta debido a que nos permite tener una idea de la rigidez de la estructura, ya que a mayor rigidez el periodo se acorta y a menor rigidez el periodo se alarga (Yactayo, 2019).

2.4.6 Espectro de diseño

“Un espectro para el diseño sísmico, es un valor utilizado en los cálculos de la ingeniería sísmica que mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que la soporta (Castro & Pérez, 2016)”. Este al mismo tiempo debe satisfacer ciertos requisitos, ya que está considerado para diseñar nuevas estructuras o para evaluar la seguridad sísmica de las construcciones ya existentes, con la finalidad de que puedan resistir a sismos futuros (Chopra, 2014).

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Peligro Sísmico” el espectro de diseño puede representarse mediante un espectro de respuesta

que se basa en las condiciones geológicas, tectónicas, sismológicas y del tipo de suelo asociadas al sitio donde se emplaza la estructura.

Según Jaramillo (2003) el espectro de diseño queda definido en términos de cinco parámetros: la aceleración máxima a nivel de la superficie del suelo, A_{max} , la aceleración espectral máxima, S_{amax} , el primer periodo de quiebre del espectro, T_1 , que define la parte de ciclos menores, la otra etapa de quiebre del espectro, T_2 , que evidencia el término de la meseta de extensión considerable y el exponente a , que se refiere a la manera de desplome del espectro. En la Figura 20 se muestra esta forma espectral y los parámetros que la definen.

De la norma ecuatoriana de la construcción se obtiene los valores de las características para definir el espectro de diseño para la Ciudad de Cuenca, el cual se utilizará más adelante para el cálculo del espectro de aceleración:

- **Factor de zona sísmica (z) para Azuay:** 0.25g (Peligrosidad sísmica alta).
- **Tipo de suelo:** C, para el Centro Histórico de Cuenca, cuya característica es ser un suelo denso o roca blanda.
- **Coefficientes de amplificación de suelo:** estos están en función del factor de zona sísmica y del

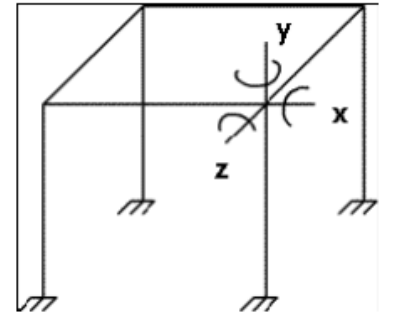


Figura 19: Representación de las condiciones de borde en un nodo específico de un pórtico tridimensional.
Fuente: Bohórquez Ávila et al., (nd).

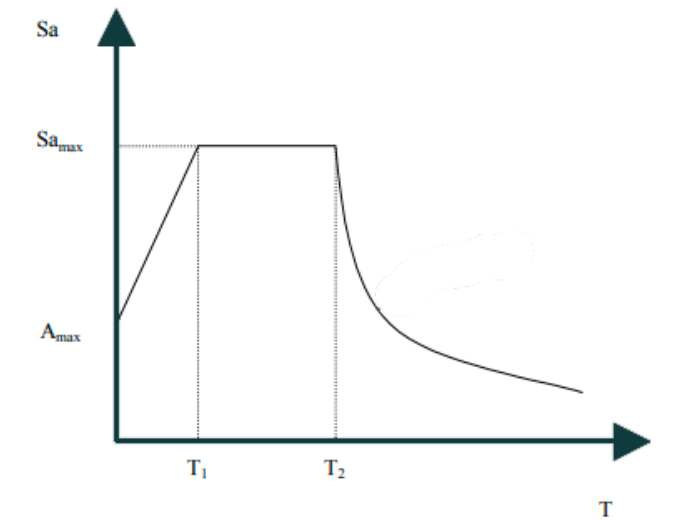


Figura 20: Forma del espectro de aceleración y los parámetros que la definen.
Fuente: Jaramillo J. (2003).

tipo de suelo.

*Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto: 1.30

*Fd: desplazamientos para diseño en roca: 1.50

*Fs: comportamiento no lineal de los suelos: 1.10

- Relación de amplificación espectral, n (S_a/Z , en roca): varía dependiendo de la zona del Ecuador, para la Sierra $n= 2.48$.
- Factor en base de la ubicación geográfica del proyecto (r): 1.00

2.4.7 Método de Elementos Finitos

El método de elementos finitos o MEF es una aproximación de los valores de una función a partir de los datos de un número fijo y finito de puntos “a partir de la transformación de un cuerpo de naturaleza continua en un modelo discreto aproximado, el conocimiento de lo que sucede dentro de este modelo se obtiene mediante la interpolación de valores conocidos en los nodos” (Frías, 2004).

Con este tipo de análisis dinámico en estructuras pueden representarse las losas, vigas, columnas y paredes mediante diferentes tipos de elementos, que tienen de 3 a 6 grados de libertad por nodo, con el objetivo de encontrar los esfuerzos y desplazamientos

máximos de las estructuras, donde se considera los modos de vibrar como variables influyentes dentro del comportamiento sísmico.

2.4.7.1 Principio de funcionamiento

Los principios del MEF son:

- Discretización del cuerpo en un número finito de subelementos, estos subelementos se encuentran conectados uno con otro por nodos comunes (Figura 21). El nodo común especifica la localización en coordenadas en el espacio y este además contiene los grados de libertad (desplazamientos).
- Desarrollo de la matriz de elementos a través de ecuaciones.
- Ensamblaje de la matriz de elementos para cada subelemento para obtener la matriz global del cuerpo entero.
- Establecer las condiciones de borde.
- Solución de las ecuaciones.
- Postproceso.

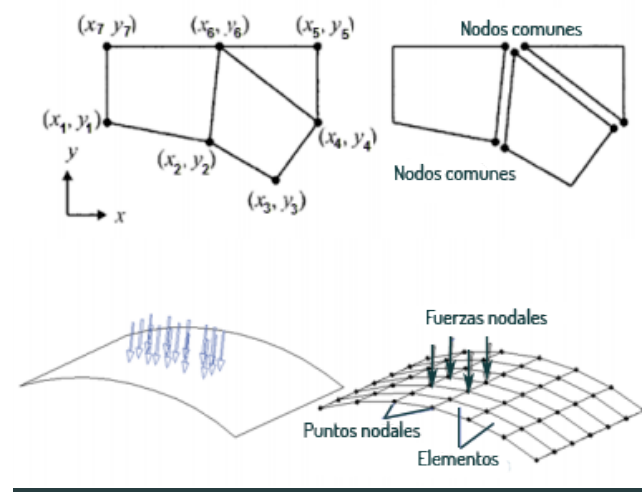


Figura 21: Discretización del cuerpo y de las fuerzas aplicadas. Recuperado de: Olmedo Salazar, 2015.

2.6 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA EN EDIFICIOS

La vulnerabilidad sísmica de una estructura puede ser determinada a través de diversas opciones, desde métodos calculistas y simulados, hasta métodos simplificados de carácter cualitativo. Los análisis cuantitativos requieren técnicas especializadas, debido a esto la elección de la metodología tiene como principio contemplar parámetros básicos de evaluación. Para la ejecución de la presente investigación, se han analizado diversas metodologías en trabajos relacionados con la vulnerabilidad sísmica, ensayos no destructivos y análisis lineal en edificaciones de mediana altura, de estos trabajos se clasificaron algunos parámetros y se incluyeron nuevos que nos permitan tener una aproximación a una metodología que se adapte a nuestros objetivos y que sea aplicable a nuestro contexto.

2.6.1 Actividades de fragilidad y matrices de eventualidad de destrucción por sismos en edificios de mampostería aplicando técnicas de simulación

La investigación de Maldonado Rondón et al., (2008) tiene como objetivo la determinación de una metodología para definir el daño provocado por un sismo de determinada magnitud en edificios de mampostería por medio de la generación de funciones de vulnerabilidad simuladas, siendo el resultado final el índice de vulnerabilidad que soportaría una construcción estructural específica que se encuentra sometida a una determinada carga sísmica y el uso de la

metodología que se aplica depende de los datos con los que se cuente, se puede aplicar una metodología específica o combinada. El enfoque utilizado para la evaluación del índice de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño es el diseñado por Maldonado et al, (2007), en este modelo se cuantifica la fragilidad de edificaciones a consecuencia de los sismos en base a los siguientes parámetros:

- Sistema estructural
- Calidad del sistema resistente
- Resistencia estructural
- Posición de la cimentación
- Suelo y pendiente del terreno
- Diafragmas horizontales
- Configuración en planta
- Configuración en elevación
- Distancia máxima entre muros
- Tipo de cubierta
- Estado de conservación del edificio

Así mismo, cada parámetro se los clasifica según su grado de vulnerabilidad, comenzando del menos vulnerable (A), medianamente vulnerable (B) y muy vulnerable (C) o absolutamente vulnerable (D), según la composición de la edificación. Se realizó un análisis de las funciones de vulnerabilidad como conclusión, las mismas que se obtuvieron mediante técnicas de simulación, de esta manera no se requiere datos rea-

les de los daños por lo que esta metodología incluye aspectos de cálculo para poder evaluar tanto la vulnerabilidad y el daño estructural mediante la simulación de edificaciones hipotéticas, que ayudan a estimar las características de estructuras reales. Para aplicar esta metodología es necesario contar con varios escenarios de daño por medio de representaciones gráficas que es dado por un valor de aceleración determinado, por lo tanto, los resultados que se consiguieron en el sitio de análisis están acorde a lo esperado y aunque los estudios estuvieron respaldados por información teórica y modelos matemáticos, no deja de ser un modelo que contiene algunas hipótesis siendo preciso que las cifras sean calibradas con los datos reales.

2.6.2 Proyecto de evaluación del riesgo sísmico en Cartago

En el proyecto de Rojas (2012) se efectuó una investigación sobre el tema en mención en Cartago, que consiste en definir una metodología para poder evaluar la fragilidad de las construcciones basada en metodologías existentes pero adaptándolas a las necesidades. En la metodología utilizada para esta propuesta como primer paso, se plantea la definición de la amenaza sísmica de la zona; como segundo punto, sería la evaluación de la vulnerabilidad, en este paso se requiere conseguir datos generales del edificio, sistema sismorresistente, tipo de suelo del emplazamiento del in-

mueble y otra información que sea importante, para esto se plantea una inspección exterior e interior, y la utilización de un formulario de recolección de datos, que cuente con los siguientes aspectos:

- Verificación y actualización de los datos de identificación del inmueble.
- Esquema en planta y altura de la edificación.
- Determinación del tipo de ocupación y número de ocupantes
- Determinación del tipo de suelo
- Determinación de la zona sísmica
- Identificación del sistema sismorresistente
- Identificación de los potenciales riesgos sísmicos no estructurales.
- Fotografías del Edificio

2.6.3 Casos de valoración de la resistencia a compresión del hormigón armado validando ecuaciones de regresión que combinan el empleo de ensayos no destructivos (NDT) con ensayos destructivos (DT) en Cuba.

El objetivo del trabajo de Porras et al., (2019) es mostrar los resultados obtenidos con la aplicación de ensayos no destructivos combinados con ensayos destructivos, para estimar la resistencia a compresión del hormigón en estructuras de hormigón armado (Tabla 2), utilizando como herramienta fundamental el método SONREB.

Parámetros a medir	UM	Columna No 1	Columna No 2	Columna No 3	Columna No 4
fc de rotura	MPa	47.00	53	50.00	x
fc de rotura real	MPa	38.50	42.9	40.50	x
Indice de rebote		45.80	45.8	38.00	41.9
Velocidad de ultrasonido	m/s	3835.00	3879	3775.00	3476
fc calculada SONREB con la ecuación	MPa	31.60	32	30.50	24
fc calculada SONREB con el ábaco	MPa	32.00	33	30.00	25

Tabla 2. Valores de resistencia estimada del hormigón a través de la combinación de ensayos destructivos y no destructivos
Fuente: Porras Navarro et al., (2019). Adaptación: Avecillas & Buruhuan (2021).

$$f_c = 3.7x 10^{-7} x S^{1.127} x V^{1.690}$$

f_c= Resistencia a compresión

S= Índice de rebote (Ensayo de esclerómetro)

V= Velocidad de Ultrasonido (Ensayo de Ultrasonido)

Figura 22: Ecuación de correlación de ensayos no destructivos.

Fuente: Del Monte et al., (2004).

todo SONREB.

En el método SONREB se aplican dos variantes a compresión del hormigón:

1. Mediante el empleo de un ábaco que correlaciona velocidad de ultrasonido y esclerometría (sin extraer testigos).
2. Mediante el cálculo matemático, combinando la extracción de varios testigos y una cantidad mayor de ensayos de esclerometría y ultrasonido.

Estos datos se correlacionan en una regresión múltiple, que se manifiesta a través de un conjunto de ecuaciones. El método que emplea estas ecuaciones para estimar “f_c” según refiere la literatura especializada, es el método SONREB (Figura 22), y la ecuación del Monte. En el análisis cualitativo de los valores se observa un contraste entre los resultados obtenidos. Atendiendo a las observaciones del hormigón y a los valores del ultrasonido, puede asumirse que no existe contradicción significativa entre los mismos. Los más cercanos a la realidad son en este caso, los obtenidos con el ábaco y la ecuación del Monte.

2.6.4 Evaluación del comportamiento estructural del edificio de Marvy

La investigación de Durand et al., (2018), aborda los estudios para la evaluación sísmica estructural del edificio vivienda de Marvy, de modo que se obtengan sus parámetros globales de control. Del análisis y evaluación de estos parámetros, se espera que el inmueble desarrolle una respuesta estructural apropiada ante la presencia de un movimiento telúrico correspondiente a los niveles de peligro del código sísmico cubano. La metodología llevada a cabo se divide en los siguientes pasos:

1. Caracterización arquitectónica y estructural del edificio de Marvy
2. Análisis de las lesiones y estado técnico constructivo del edificio
3. Evaluación estructural del edificio
4. Modelación de la geometría, materiales y vínculos entre los elementos y condiciones de apoyo
5. Modelación de cargas
6. Método de cálculo
7. Evaluación de los resultados obtenido del análisis del edificio

A partir de los datos disponibles se realizó el análisis de la estructura existente sustentado en el modelo físico de la edificación. Se consideraron parámetros que

podieran ser determinantes en el comportamiento estructural ante las acciones sísmicas, tales como: la configuración en planta y elevación, las cargas gravitatorias permanentes y de uso, la demanda sísmica a partir de la ubicación de la obra y los niveles de peligro correspondientes acorde con los preceptos del código sísmico cubano.

2.6.5 Modelo estructural calibrado y análisis dinámico del edificio Central del Instituto Costarricense de Electricidad

El trabajo realizado por Cordero Camacho, (2017) responde a la necesidad de evaluar el estado actual de la estructura según la norma CSCR-2010 (Código sísmico de Costa Rica). A partir de generar un modelo estructural tridimensional (Figura 23) calibrado de la estructura y de realizar un análisis modal espectral con el fin de comparar las derivas con respecto a los límites establecidos en la norma CSCR-2010. Previamente se realizó una inspección detallada de la estructura, pruebas físicas (destructivas y no destructivas) de materiales de la misma. Los resultados del trabajo se evidencian en la obtención de los modos de oscilación de la estructura y de las derivas obtenidas a partir del análisis modal espectral, el análisis de resultados revisa el porqué de las formas modales obtenidas con sus respectivos periodos.

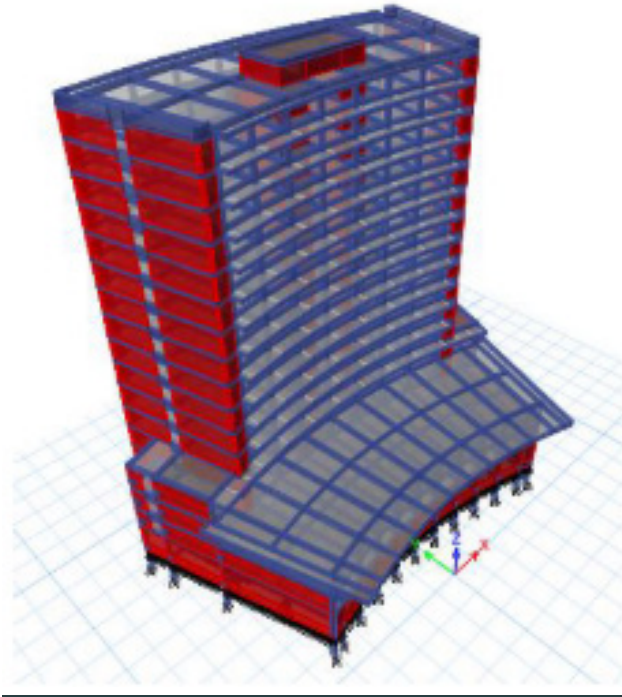


Figura 23: Modelo físico 3D del edificio Central del ICE.
Fuente: Cordero Camacho, 2017.

METODOLOGÍA Y CASO DE ESTUDIO

03

METODOLOGÍA
PARÁMETROS DE ANÁLISIS PARA EVALUACIÓN
DEL EDIFICIO
APLICACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO
RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN: CASO DE ES-
TUDIO

3.1 METODOLOGÍA

La metodología del presente trabajo de titulación tiene un enfoque cualitativo y cuantitativo. El enfoque cualitativo se utilizó durante la selección de información literaria obtenida de artículos académicos publicados en revistas científicas, libros y normas vigentes relacionadas al tema de investigación, la información recopilada desde el enfoque general al particular de los trabajos de E. M. Rondón et al., (2008), Rojas, (2012), Yopez et al., (1994), Cordero Camacho, (2017), Porras Navarro et al., (2019), FEMA 310, (1998), Chopra, (2014) sirvió para conocer los temas y aspectos que se requieren para el desarrollo investigativo práctico y en base a ello realizar una evaluación de vulnerabilidad del edificio. El enfoque cuantitativo toma como referencia la información del manual FEMA-310, para desarrollar una metodología del tipo analítica que nos permita tener una aproximación a una metodología que se adapte a nuestros objetivos (Figura 24), que sea aplicable a nuestro contexto y nos posibilite desarrollar cálculos como: la valoración de la resistencia a compresión del hormigón armado, modelación de la geometría y modelación de los materiales del edificio en estudio, métodos de cálculo que ayudaron en la evaluación completa del edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura.

Finalmente, después de examinar, valorar y sistematizar la información obtenida, los resultados son plasmados en la discusión y conclusiones.

3.2 PARÁMETROS DE ANÁLISIS PARA EVALUACIÓN DEL EDIFICIO

De los trabajos realizados por Rondón et al., (2008) en funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño sísmico para edificaciones de mampostería utilizando técnicas de simulación y por Rojas, (2012) en Proyecto de evaluación del riesgo sísmico, Cartago, se determina una combinación de 8 parámetros que representan la predisposición de una edificación a sufrir daño ante un evento sísmico y los cuales también nos permitirán caracterizar al edificio.

Si bien sabemos que algunas de las metodologías estudiadas inicialmente pertenecen a metodologías cualitativas, la presente investigación se considera del tipo cuantitativa en base a la información disponible y debido a que se realizó una selección de los parámetros preexistentes en las metodologías como base para realizar los estudios de caracterización, estos son:

- Sistema estructural
- Material y sistema de entrepiso
- Material y tipo de cubierta
- Posición de la cimentación
- Distancia máxima entre muros de mampostería confinada
- Determinación de tipo de ocupación y número de ocupantes
- Determinación del tipo de suelo
- Identificación del sistema sismorresistente
- Estado de conservación

Del trabajo realizado por Porras et al., (2019) en casos de estimación de la resistencia a compresión del hormigón armado validando ecuaciones de regresión que combinan el empleo de ensayos no destructivos (NDT) con ensayos destructivos (DT) en Cuba, se determina la aplicación de los estudios no destructivos de esclerómetro y ultrasonido para estimar la resistencia a compresión del hormigón.

Para la valoración del comportamiento dinámico sísmico del edificio se utiliza como base ciertos pasos descritos en los trabajos de (Durand et al., 2018) y (Cordero Camacho, 2017), estos son:

- Descripción del edificio
- Sistema arquitectónico
- Sistema estructural
- Modelación de la geometría
- Modelación de los materiales
- Modelación de los vínculos entre los elementos y condiciones de apoyo
- Capacidad dúctil de la estructura portante
- Definición de cargas
- Método de cálculo
- Evaluación de los resultados obtenido del análisis del edificio

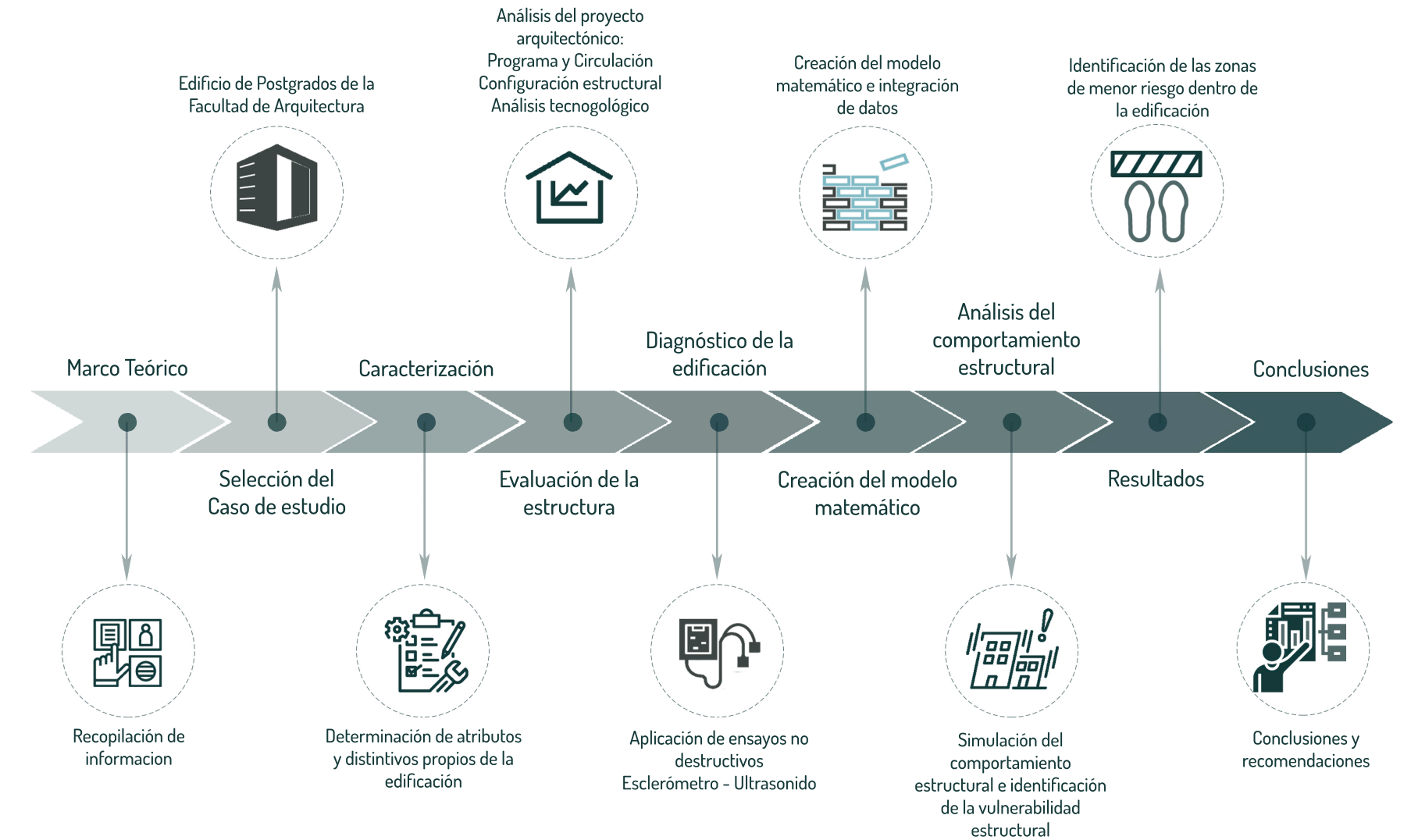


Figura 24: Esquema del proceso del desarrollo de la metodología aplicada. Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

3.3 APLICACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Con la finalidad de realizar una evaluación completa del edificio de Postgrados sin tener la necesidad de afectar a la estructura y por el tiempo que se dispone para obtener resultados, se ha planteado realizar ensayos no destructivos (END) que nos permitan conseguir un diagnóstico rápido sobre la calidad y condición de las columnas de hormigón.

Los ensayos del presente trabajo de titulación tienen como característica la evaluación de la calidad y resistencia, además de identificar el deterioro que ha sufrido la estructura durante los años de servicio, todo esto sin afectar las propiedades o la funcionalidad de los elementos examinados.

Los ensayos a ejecutar son:

- Ensayo de esclerómetro
- Ensayo de ultrasonido

3.3.1 Ensayo de esclerómetro

Para realizar el ensayo en campo se utiliza el esclerómetro digital SilverSchmidt (Figura 25), el cual se usa generalmente para determinar la evaluación de uniformidad de resistencia del hormigón en una estructura y localizar zonas de calidad inferior, además de poder realizar una estimación de la resistencia de la compresión in-situ (Proceq, 2016).

3.3.1.1 Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento del SilverSchmidt consiste en una barra de acero o émbolo, la cual recibe el impacto de una pieza de acero móvil cargada con cierta energía inicial que es impulsada por un resorte. Este impacto se transmite a la superficie de hormigón y de acuerdo a su resistencia la pieza rebota y su desplazamiento máximo es registrado (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 2009).

3.3.1.2 Ensayo en campo

Para ejecutar el ensayo se hace uso de la práctica recomendada en la norma ecuatoriana NTE INEN 3121 (NTE INEN, 2016), la cual nos presenta pautas para la elaboración de la práctica descritas a continuación:

1. Verificación de calibración del instrumento sobre el yunque: una vez asentado el yunque sobre una base rígida se ejecutará un mínimo de 10 impactos, dando como resultado de estos golpes, una media la cual tiene que encontrarse en un rango de 80 ± 2 . (Figura 26)
2. Selección del área de prueba: los elementos a ensayar deben tener como mínimo 100 mm de espesor y estar fijos a una estructura, además, se deben evitar zonas que presenten panales de abejas, escalonamiento o alta porosidad.



Figura 25: Componentes del martillo utilizado para ensayo de esclerometría.

Fuente: Proceq. (2016).



Figura 26: Verificación de calibración del esclerómetro sobre el yunque. Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

3. Preparación de la superficie de prueba: el área de ensayo debe ser por lo menos 150 mm de diámetro y las superficies de textura gruesa, suave o con mortero suelto, deben ser pulidas y planas con una piedra abrasiva. Para facilitar la realización del ensayo se puede realizar una malla cuyas líneas disten entre sí de 25 a 50mm, donde los impactos se distribuirán a lo largo de las intersecciones. (Figura 27)
4. Procedimiento: se debe colocar el esclerómetro de manera perpendicular sobre la superficie a ensayar para a continuación ejercer presión sobre el instrumento para permitir que el émbolo se libere y golpee la superficie, se debe dejar que se extienda hasta alcanzar su máxima extensión y luego leer y anotar el dato del indicador del rebote. (Figura 28)

3.3.1.3 Lectura de resultados

1. Identificar el elemento estructural sobre el cual se ejecuta el ensayo y dejar información general como fecha de la prueba y condiciones ambientales (NTE INEN, 2016).
2. Para obtener la resistencia utilizando la media, realizamos un promedio de los datos arrojados por el esclerómetro, dando como resultado la media previa de la cual determinaremos la media mínima y máxima al sumar y restar 6 unidades.

Para establecer la cantidad de impactos y obtener el índice de rebotes se realizará por el método JGJ T23- 2001 (China) que requiere 16 impactos (Barreto & Ganshi, 2018).

3. Se eliminan los datos que no cumple los rangos mínimos y máximos y con los números que restan se realiza un nuevo promedio, esta media corregida se utiliza para el cálculo de la resistencia (NTE INEN, 2016).
4. Para estimar la resistencia de la columna de hormigón se realiza por medio de la curva de referencia del SilverSchmidt, a través de las siguientes fórmulas: $f'_c = 2.77E0.048 \cdot Q$, $f_c = 0.0108Q^2 + 0.2236Q$ (Dalibor et al., 2019)(Barreto & Ganshi, 2018).
Donde:
 f'_c = Resistencia a compresión
 Q = Índice de rebote
5. El uso de la curva del décimo percentil inferior se aplica cuando:

- No se conocen los detalles de la mezcla de concreto bajo prueba.
- Para edificios existentes (hormigón de más de 28 días).



Figura 27: Selección del área sobre la columna para END. Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).



Figura 28: Aplicación del instrumento en el área de prueba. Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

3.3.2 Ensayo de ultrasonido

Para realizar el ensayo en campo se utiliza el instrumento de ultrasonido Proceq Tico (Figura 29), mediante el cual se puede determinar la uniformidad del hormigón, cavidades o grietas e incluso se puede calcular el módulo de elasticidad (Proceq, 2008). Este ensayo además puede realizar un diagnóstico preliminar si existiera un caso de estructuras de dudosa calidad afectada por esfuerzos o ataques de elementos agresivos al hormigón.

3.3.2.1 Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento del ensayo de ultrasonido que nos da la Norma ASTM – C 597-02 es: “los pulsos de ondas de esfuerzo longitudinal, son generados por un transductor electro-acústico, que es mantenido en contacto con una superficie de concreto bajo prueba. Después de atravesar el concreto, los pulsos son recibidos y convertidos en energía eléctrica por un segundo transductor colocado a una distancia L del transductor transmisor. El tiempo de tránsito T es medido electrónicamente” (ASTM, 2016).

3.3.2.2 Ensayo en campo

Para ejecutar el ensayo, se hace uso de la práctica recomendada en la norma ASTM-Método de prueba

estándar para la velocidad de pulso a través del concreto, la cual nos presenta un procedimiento a seguir:

1. **Verificación de calibración:** sobre la barra de referencia aplicar agente de acoplamiento en los extremos, sobre esto presionar los transductores hasta que un tiempo de tránsito estable aparezca en la pantalla, la respuesta debe coincidir con el valor de calibración que está marcado en la varilla de calibración (Figura 30).
2. **Distinción de la superficie de prueba:** se recomienda que para ensayos en construcciones existentes se seleccione la ubicación del ensayo de acuerdo con la variabilidad del concreto en sitio o aquellas que muestren características de interés (ASTM-823).
3. **Ubicación de los transductores:** para lograr mejores resultados se recomienda localizarlos de manera directa, es decir uno opuesto al otro. En caso de no poder lograr esta localización, existen las opciones semidirecta e indirecta que no deben ser usadas a menos que la estructura no sea accesible (Figura 31). Lecturas individuales son de poco valor, por lo que para esta investigación se realizaran cinco lecturas.
4. **Preparación del instrumento de ultrasonido y procedimiento:** sobre las caras de los transductores se debe aplicar el agente de acoplamiento, estos se presionan contra la superficie del hormigón a ensayar (Figura 32), esto se realiza hasta que en



Figura 29: Instrumento de ultrasonido Proceq Tico.
Fuente: Proceq. (2008).



Figura 30: Verificación de la calibración del instrumento.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

la pantalla de la máquina aparezca un tiempo de tránsito estable, adicional se determina de forma manual la distancia en línea recta entre los centros de las caras de estos instrumentos (Figura 33).

3.3.2.3 Lectura de resultados

1. Para obtener una lectura clara se identifica las particularidades del elemento estructural a ensayar como: dimensiones, condiciones ambientales, fecha, hora, etc. (Barreto & Ganshi, 2018).
2. Para realizar los cálculos en los elementos se utilizan los datos que obtenemos de la máquina tales como velocidad y tiempo, para lo que aplicaremos la formula $V = (L/t) \cdot 10^6$, donde: V= Velocidad de ultrasonido, L= Distancia, t= Tiempo.
3. Para la determinación de la resistencia a compresión mediante el método de ultrasonido, se aplican ecuaciones de correlación: $f'c(V) = 15,533V - 34,358$, $f'c = 0,040 \cdot V^{4,75}$, cuyas formulas se obtuvieron a partir de los trabajos realizados por: (Shariati et al., 2011), (Karatosun et al., 2019), respectivamente. Donde: $f'c$ = resistencia a compresión, V= velocidad del ultrasonido.
4. Además, para la interpretación de los resultados se realiza una comparación con las tablas realizadas por Leslie y Cheesman, donde clasifican la calidad del hormigón por medio de la velocidad de la onda. (Tabla 3).

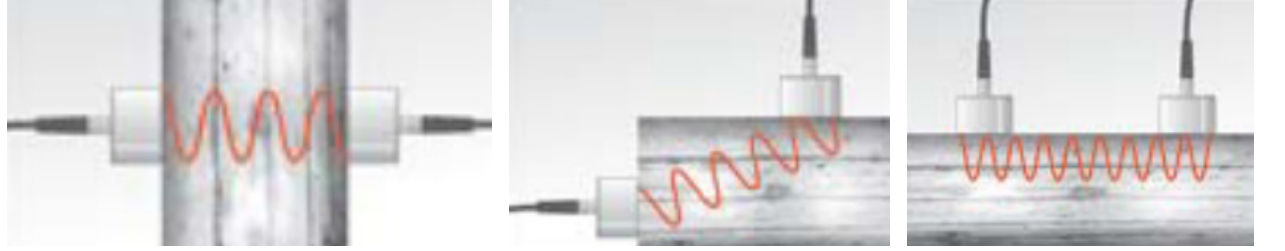


Figura 31: Medición directa, semi-directa e indirecta de transductores.
Fuente: Proceq. (2008).

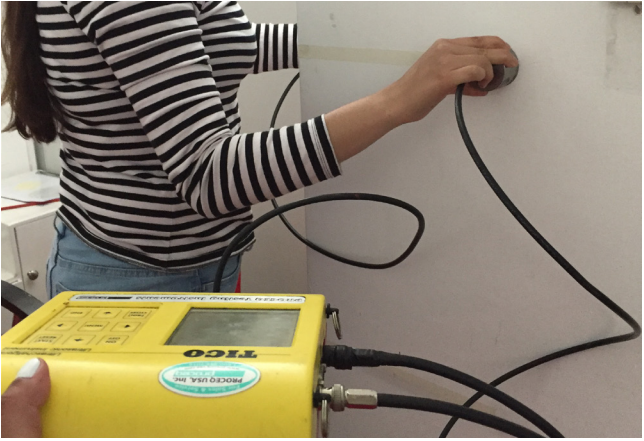


Figura 32: Ubicación de los transductores (Semidirecta).
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).



Figura 33: Lectura de resultados.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

Velocidad ultrasónica, v (m/s)	Clasificación del concreto
V>4575	Excelente
4575>V>3660	Bueno
3660>V>3050	Cuestionable
3050>V>2135	Pobre
V<2135	Muy pobre

Tabla 3: Clasificación del concreto según su velocidad ultrasónica.
Fuente: Solís R., et al., (2004) Adaptación: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

3.4 SELECCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

La consideración del desempeño de los componentes estructurales en el caso específico de instituciones de educación tiene relevancia debido a que dichos establecimientos se clasifican como equipamientos de servicio social, cuya característica es la concurrencia masiva de usuarios a las instalaciones, “teniendo en cuenta que diariamente en las instituciones educativas del Ecuador asisten un aproximado de 4.1 millones de usuarios” (El Telégrafo, 2016), la importancia de un análisis de vulnerabilidad sobresale con el objetivo de mitigar los efectos causados por desastres naturales mediante la implementación de estrategias permanentes que influyan en el control y manejo de la reducción de riesgo en las edificaciones.

En este contexto se consideró importante el análisis del comportamiento estructural del Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca por su ubicación, su característica de ocupación y por el papel que ejerce en la sociedad. De esta manera el estudio de la vulnerabilidad sísmica en la edificación nos permite crear una línea de acción para la mitigación del riesgo sísmico de los usuarios a partir de la identificación de zonas de menor riesgo dentro de la edificación,

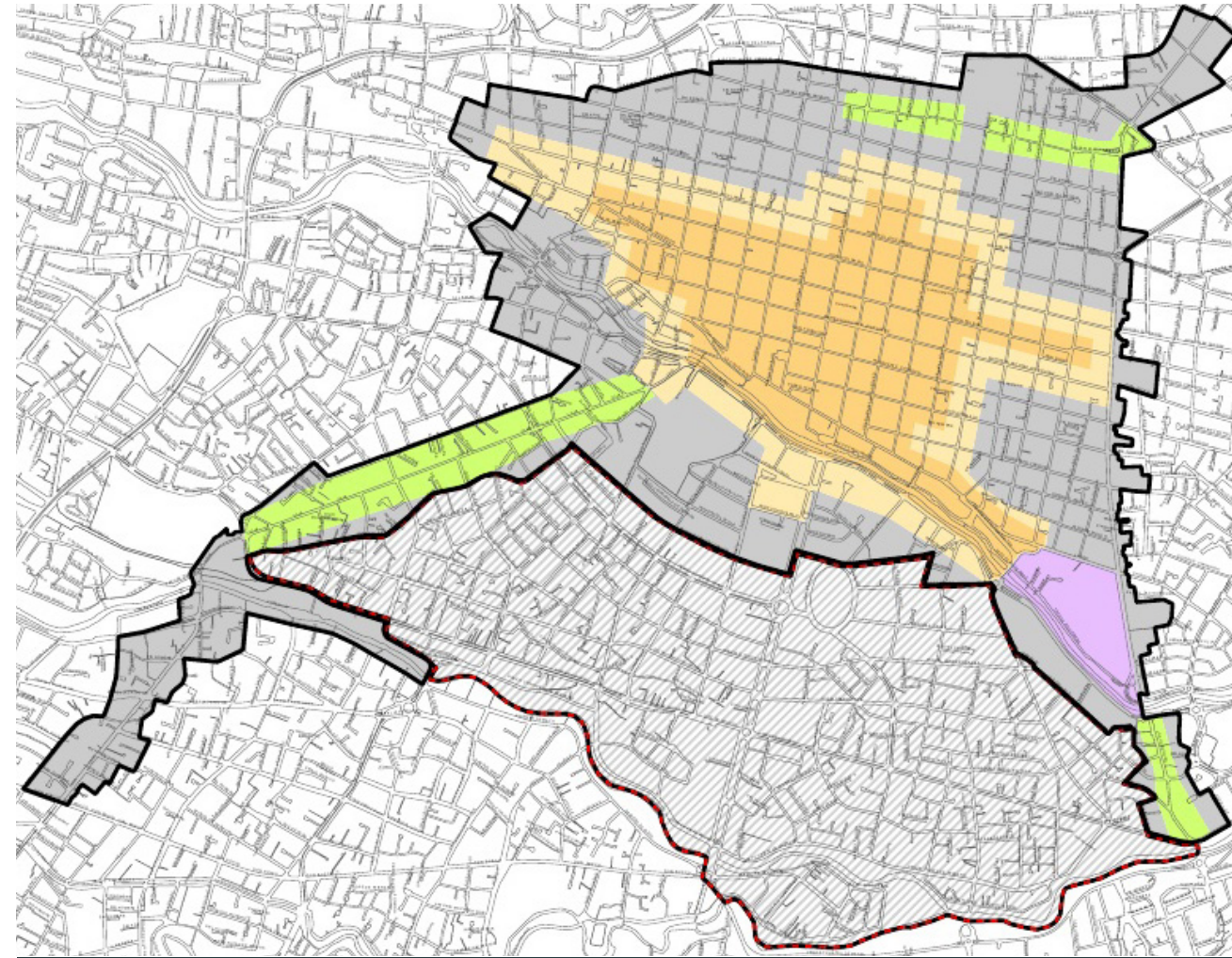


Figura 34: Delimitación del Centro Histórico de Cuenca y sus áreas especiales, 2010. Fuente: Rodas, (2016).

3.4.1 Reseña histórica

El edificio de Postgrados y por consiguiente el campus central de la Universidad de Cuenca desde el año 2010 deja de pertenecer a la zona de “El Ejido” declarada como Patrimonio Cultural de la Nación y pasa a ser parte de la ampliación de la delimitación del Centro Histórico de Cuenca como área de respeto (Figura 34) (Rodas, 2016).

En este contexto y de acuerdo a la ordenanza para la gestión y conservación de las áreas históricas y patrimoniales de la Ciudad de Cuenca se sabe que el Centro Histórico de la ciudad constituye un testimonio trascendental por ser cuna de varias culturas, cuyas expresiones se deben preservar, conservar y difundir, y por tal razón se procura desarrollar estudios para la conservación y ordenamiento de zonas de valor artístico, histórico y paisajístico, además de dictar normas especiales para la conservación, restauración y mejora en elementos naturales y urbanísticos.

3.4.2 Memoria del proyecto arquitectónico del Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

En el año de 1961 es creada en la Universidad de Cuenca la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, la cual a mediados de los 80’s consolidó las opciones de diseño

arquitectónico, ordenación urbanística y restauración urbano-arquitectónica, mientras que en el año 2003 se consolida la creación del Centro de Postgrados (Figura 35) ampliando la oferta académica en diferentes temáticas.

Debido a estas nuevas circunstancias académicas la Facultad en el año 2007 plantea la ampliación de su infraestructura, para la intervención a realizarse se decide ubicar al edificio entre la zona del parqueadero junto al taller de carpintería, entre los bloques B-C que conformaban la facultad.

Debido a las características del sitio de emplazamiento el edificio se ve contaminado auditivamente, lo cual se soluciona mediante la elección de los materiales de recubrimiento lo que permite tener aislación acústica del exterior.

Entre los retos fue crear espacios de encuentro, revitalización de espacios y la articulación de los elementos existentes con la nueva propuesta, para esto se plantea utilizar la cubierta de carpintería como núcleo de convergencia de usuarios y de circulaciones (Ramos, 2012).



Figura 35: Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Vista Lateral. Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

3.5 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN: CASO DE ESTUDIO, EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

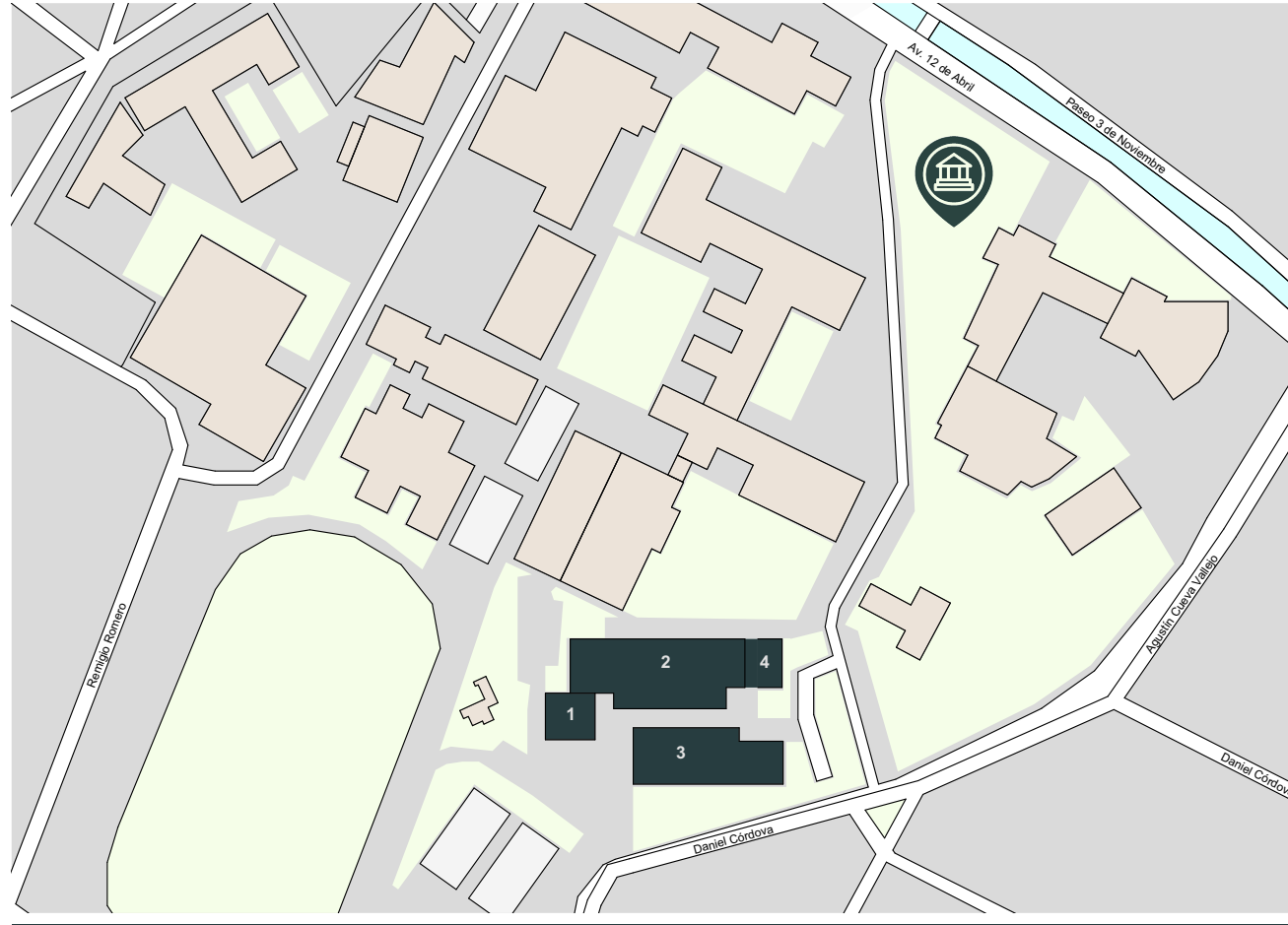
3.5.1 Descripción general de la construcción

La construcción del edificio de Postgrados inició en el año 2010 y finalizó su proceso en el año 2011. Esta construcción consta de 1204.50m² distribuidos en cinco plantas conectadas mediante una escalera plisada de hormigón armado, además de tener un ascensor pensando en la accesibilidad de personas con discapacidad física.

En cuanto al aspecto estético y de materialidad las fachadas este y oeste se encuentran recubiertas por acero tipo corten y vidrio, mientras que en las fachadas norte y sur se recubre con paneles de hormigón prefabricado apoyadas sobre estructura auxiliar metálica.

3.5.2 Emplazamiento

El Centro de Postgrados se encuentra ubicado en el campus central de la Universidad de Cuenca, está emplazado en un terreno regular de aproximadamente 15 m de lado, entre el bloque B y C de la Facultad de Arquitectura, se planteó como una edificación de base cuadrada y con una orientación Este-Oeste en relación al acceso (Ramos, 2012) (Figura 36).



Listado de bloques

1. Edificio de Postgrados
2. Bloque B _ Facultad de Arquitectura
3. Bloque C _ Facultad de Arquitectura
4. Auditorio Mario Vintimilla _ Facultad de Arquitectura

Figura 36: Emplazamiento de la Facultad de Arquitectura dentro de la Universidad de Cuenca

Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

3.5.3 PLANOS ARQUITECTÓNICOS

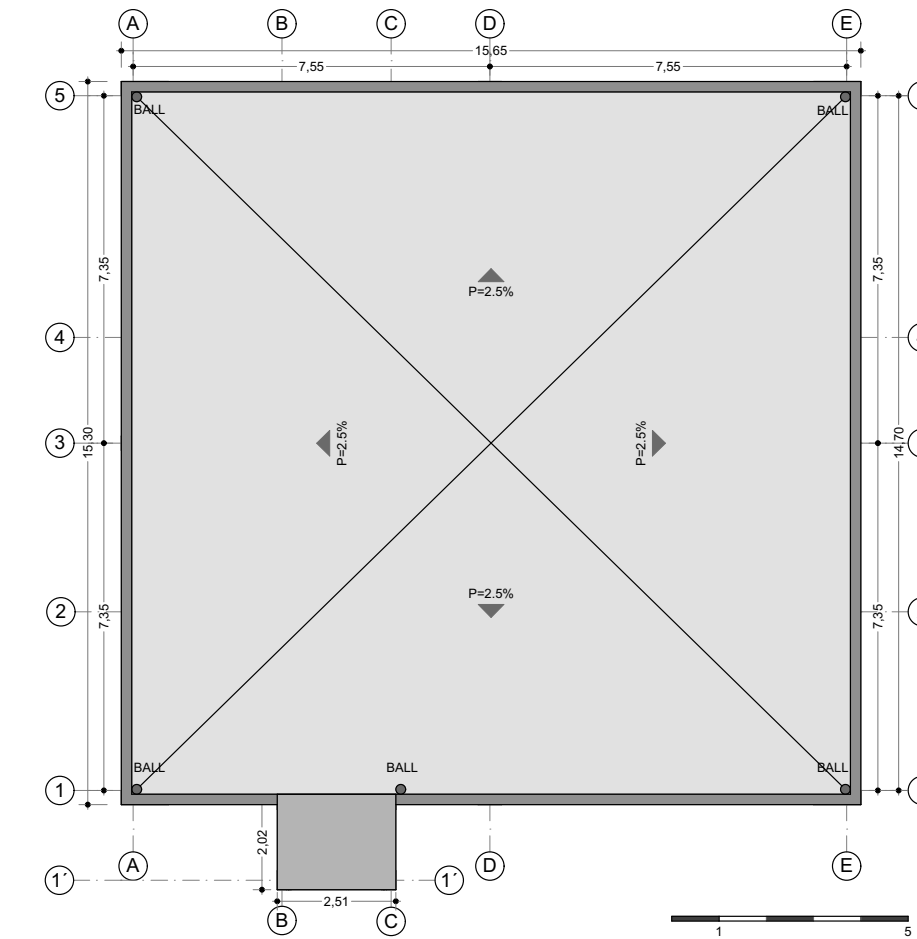


Figura 37: Planta de cubierta del Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Esc: 1:160

Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

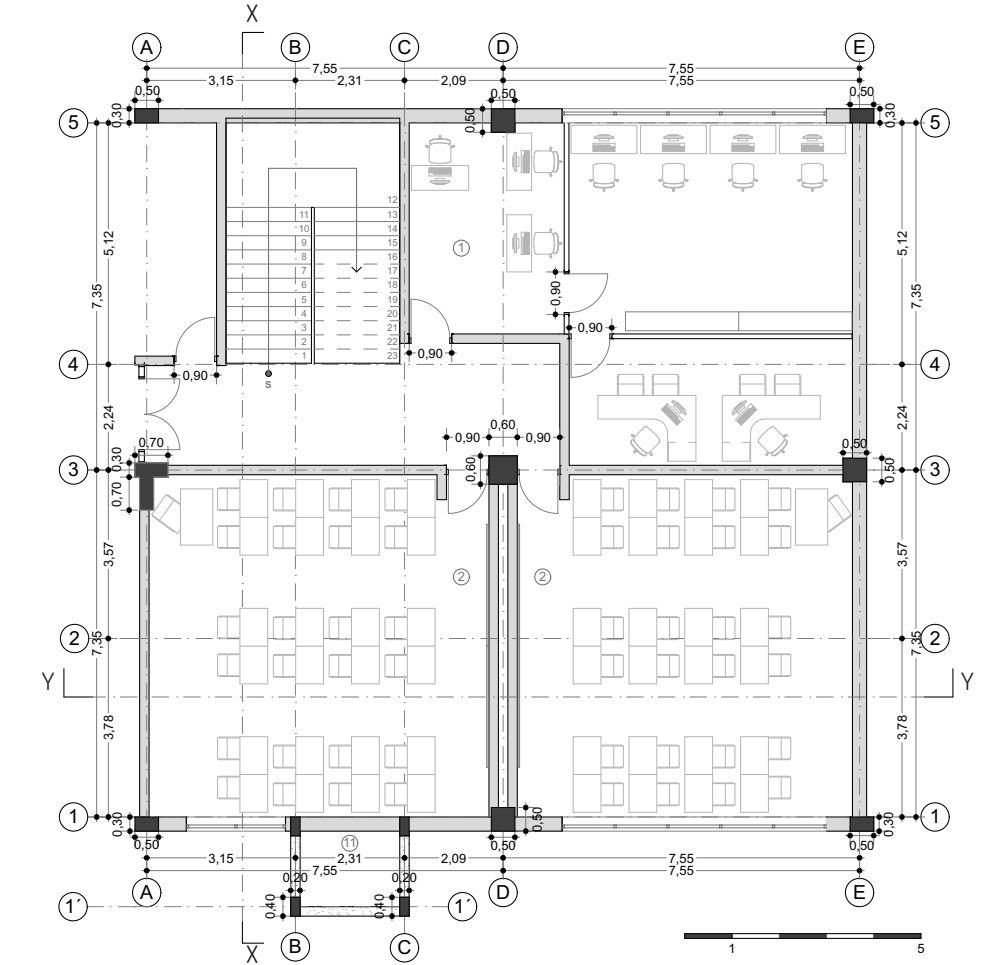


Figura 38: Planta de Subsuelo. N=-3.60.

Esc: 1:160

Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

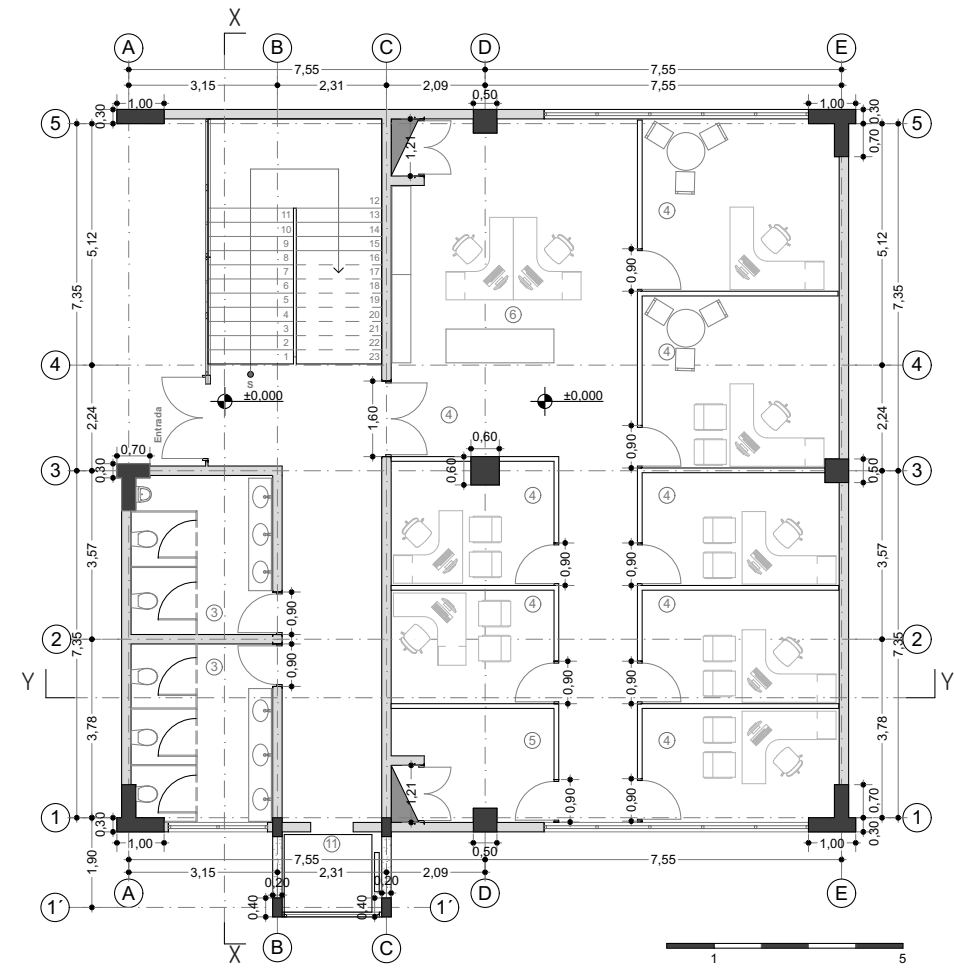


Figura 39: Planta Baja. N=±0.00.
Esc: 1:160
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

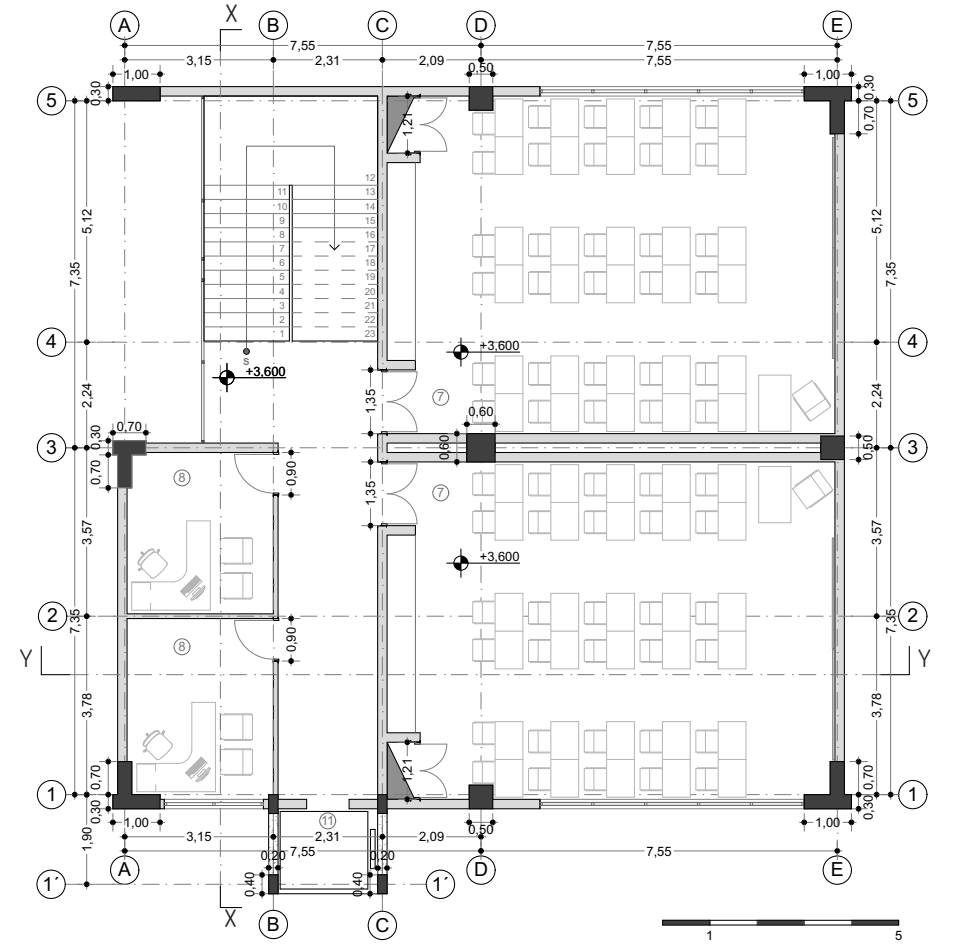


Figura 40: Primera Planta Alta. N=+3.60.
Esc: 1:160
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

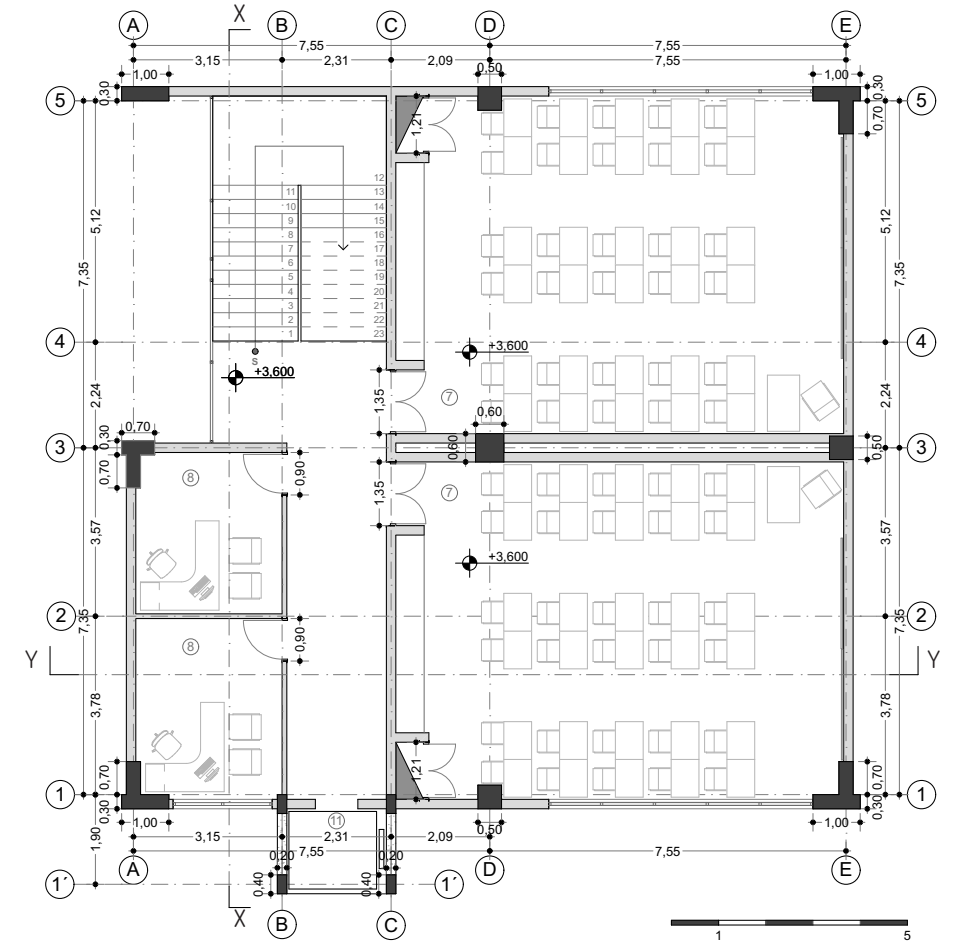


Figura 41: Segunda Planta Alta. N=+7.20.
Esc: 1:160
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

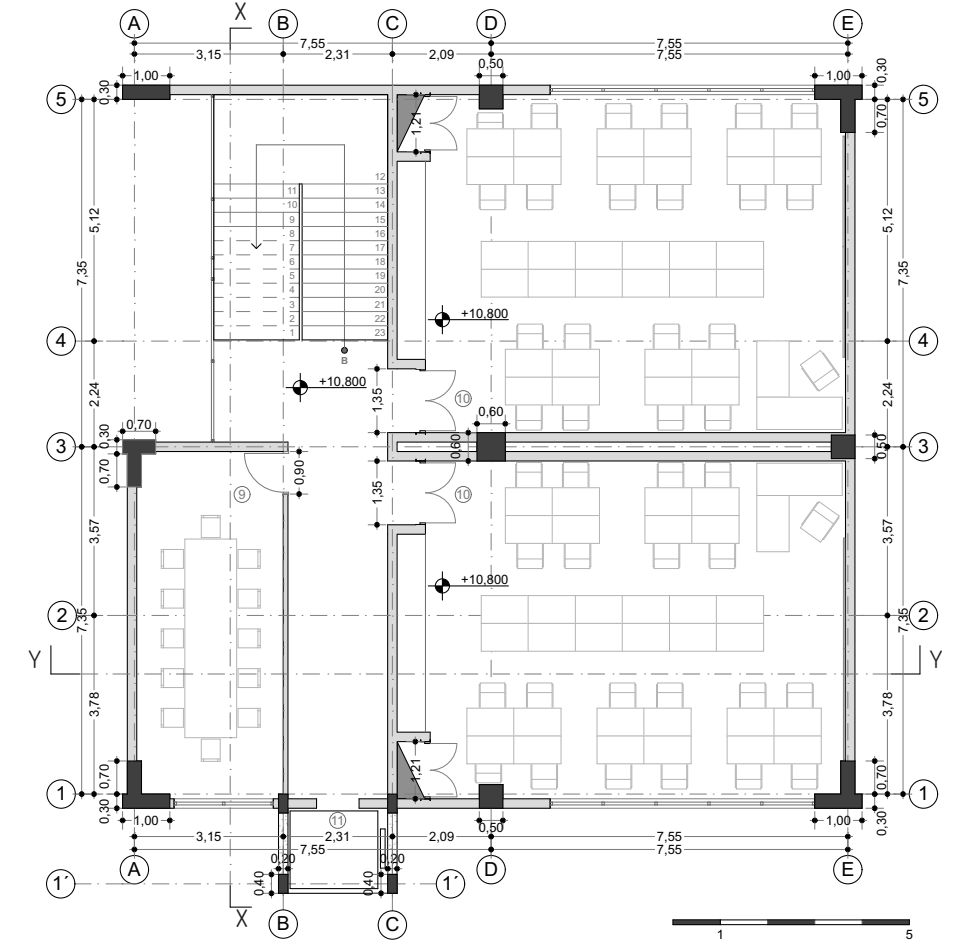


Figura 42: Tercera Planta Alta. N=+10.80.
Esc: 1:160
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

3.5.3.2 ELEVACIONES

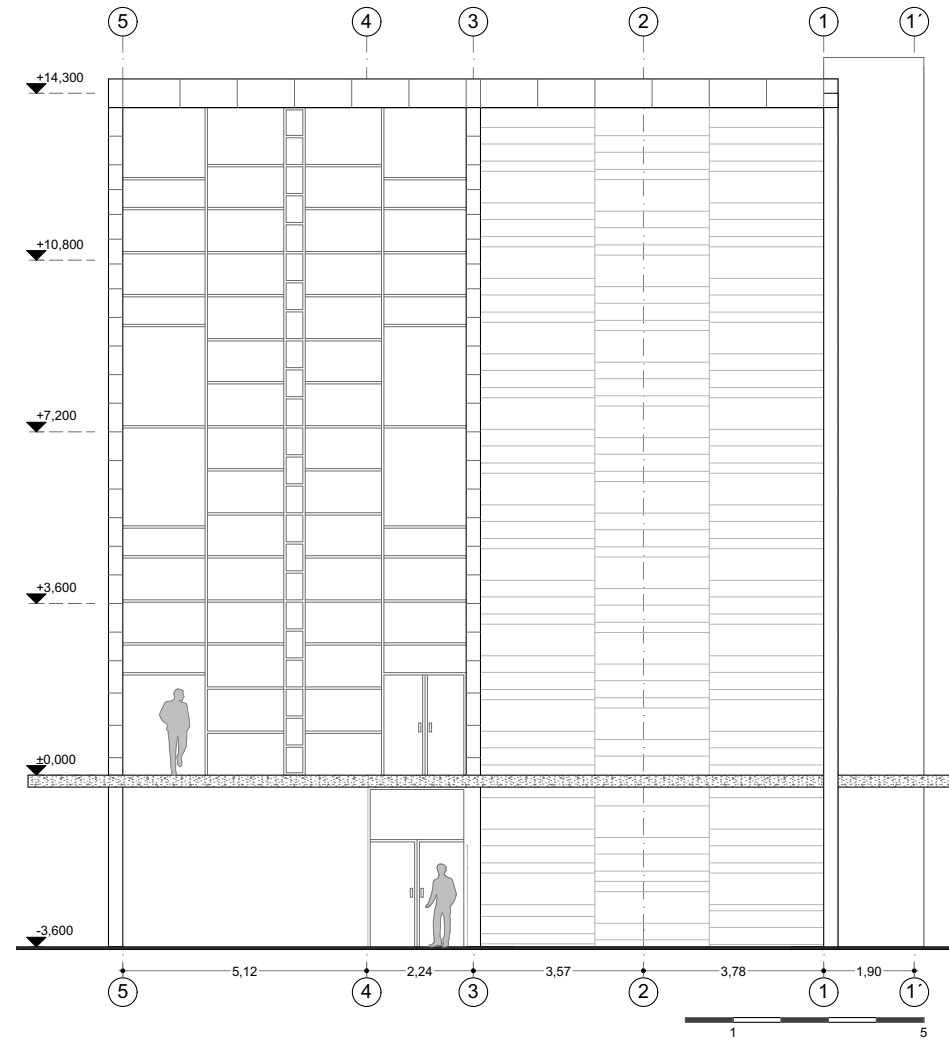


Figura 43: Elevación Frontal del Edificio de Postgrados
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

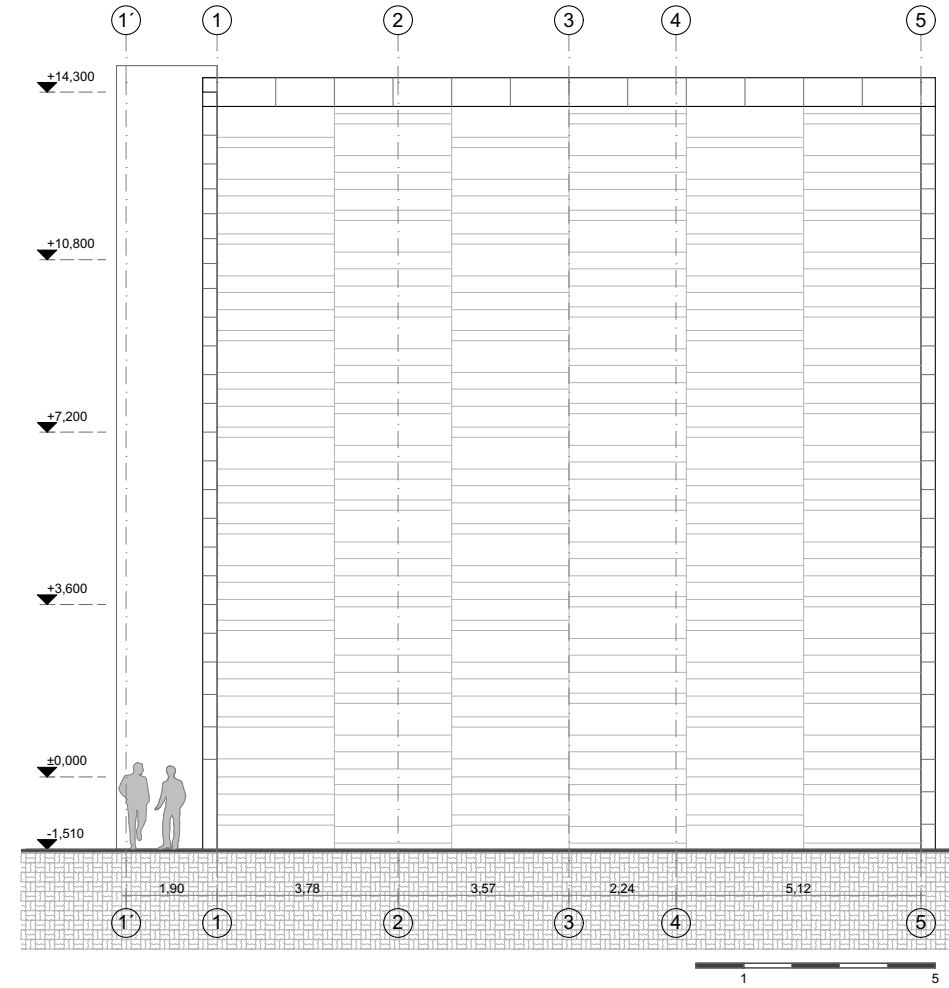


Figura 44: Elevación Posterior del Edificio de Postgrados
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

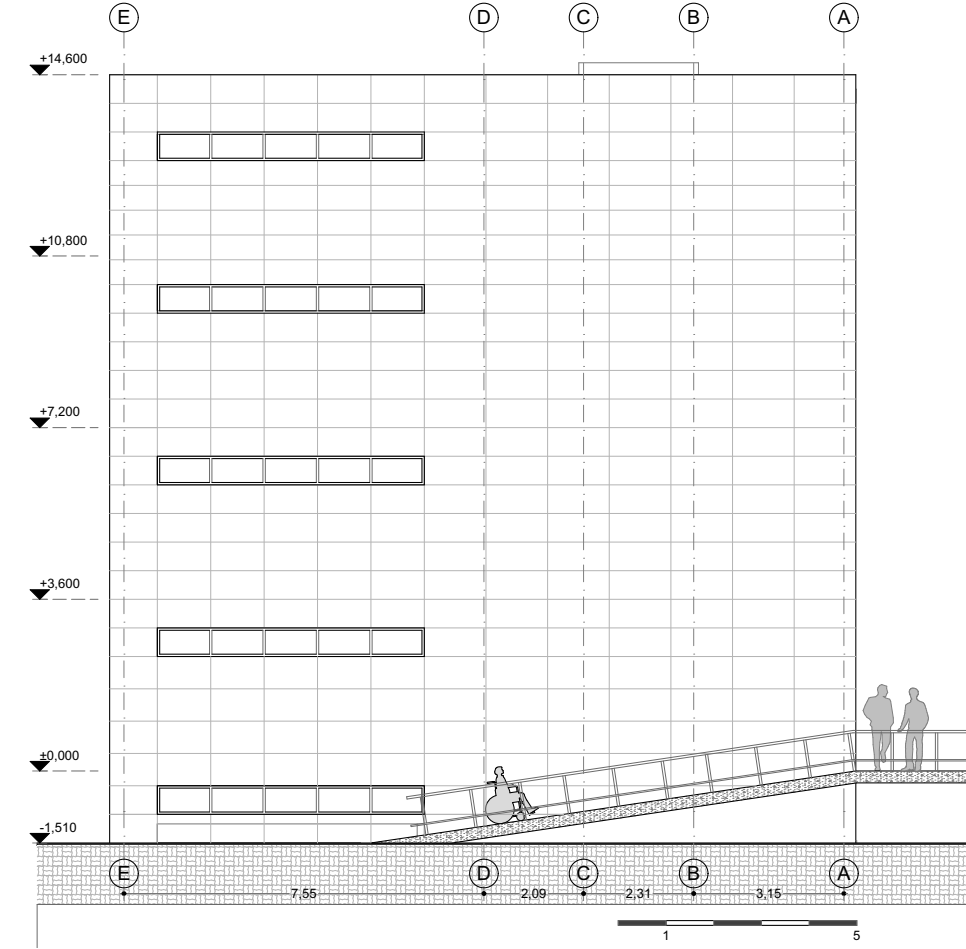


Figura 45: Elevación Lateral izquierdo del Edificio de Postgrados
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

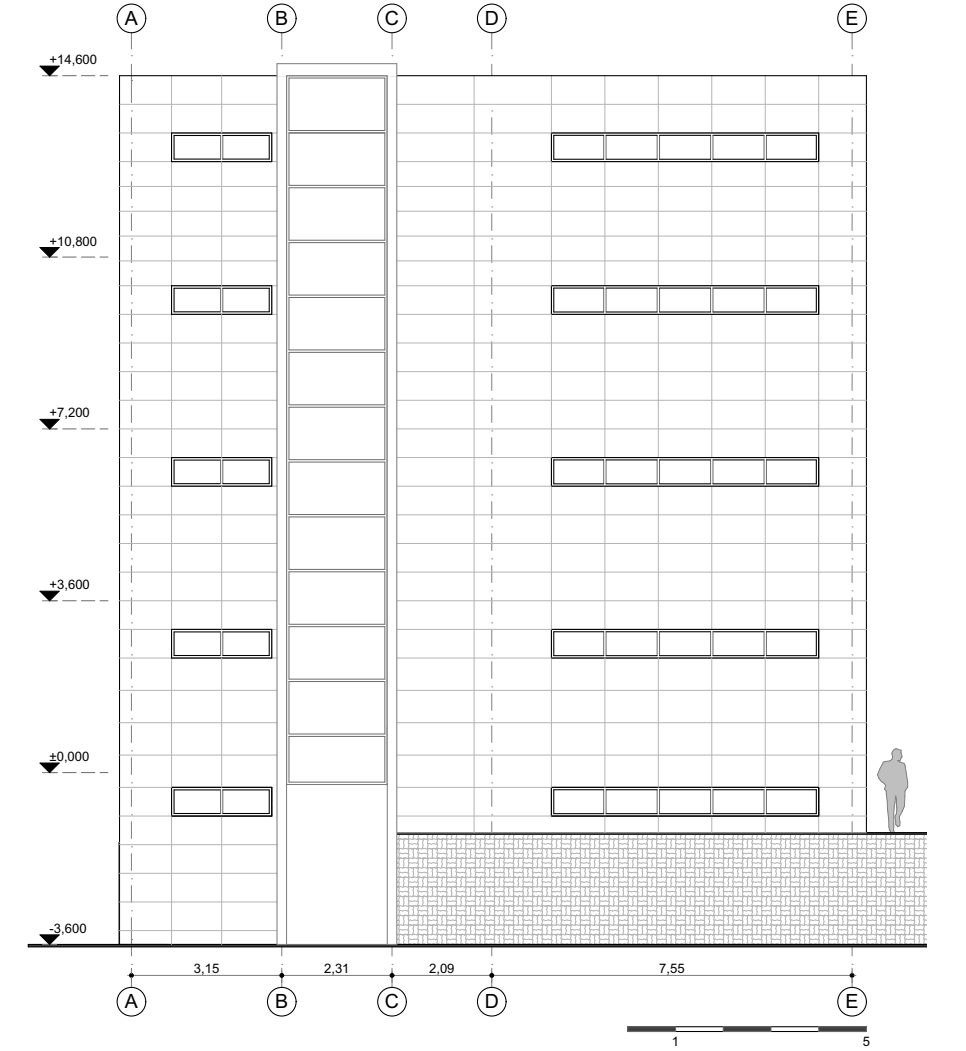


Figura 46: Elevación Lateral Derecha del Edificio de Postgrados
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

3.5.3.3 SECCIONES X-X, Y-Y

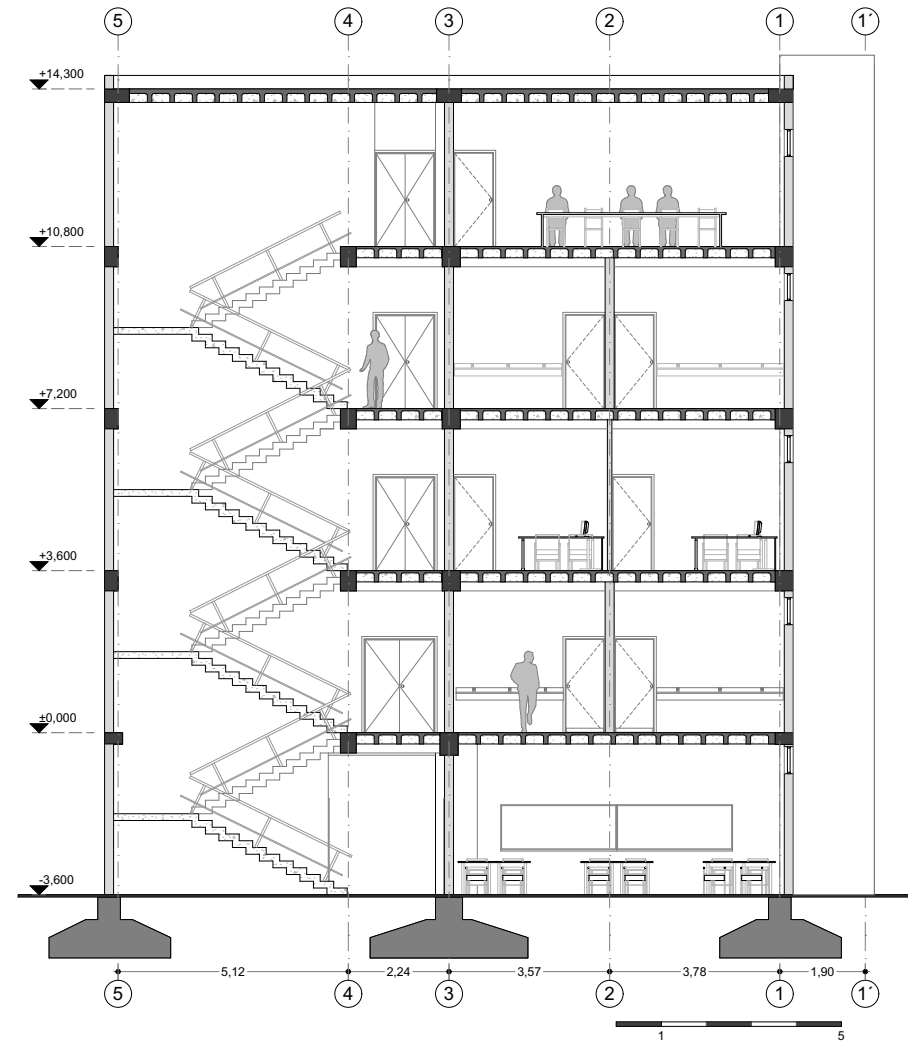


Figura 47: Sección X - X, del Edificio de Postgrados
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

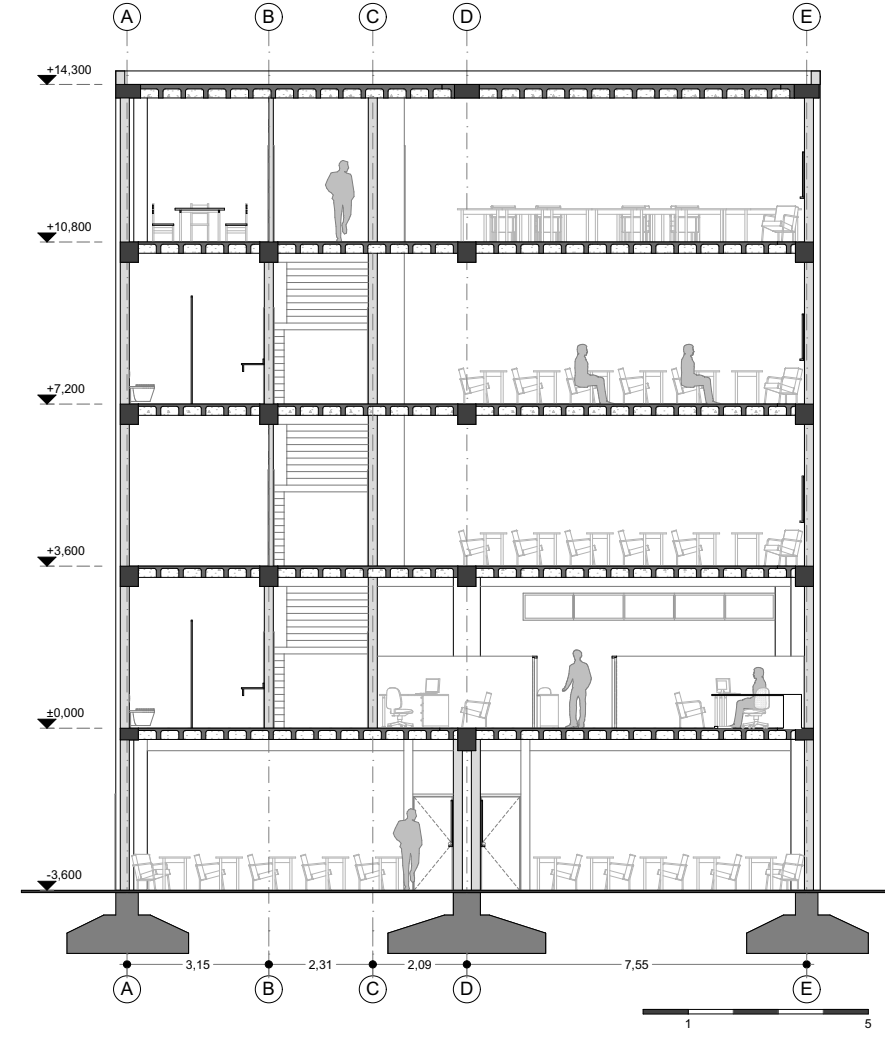


Figura 48: Sección Y - Y, del Edificio de Postgrados
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

EVALUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN

04

CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS
ANÁLISIS DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO
DIAGNÓSTICO DE LA EDIFICACIÓN MEDIANTE LOS
RESULTADOS DE LOS END

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

El análisis cualitativo del edificio es fundamental para la estimación de la vulnerabilidad ante sismos, debido a que la edificación cuenta con características funcionales, formales y constructivas propias, las cuales, en determinado momento serán las responsables del desempeño estructural.

4.1.1 Sistema estructural

La Norma Ecuatoriana de la Construcción, capítulo “Peligro Sísmico”, define que una estructura es “Un conjunto de elementos estructurales ensamblados para resistir cargas verticales, cargas sísmicas y de cualquier otro tipo”. De este modo, el edificio de Postgrados es un edificio de cuatro niveles más un subterráneo estructurados en base a muros y pórticos de hormigón armado unidos por una losa del mismo material en cada uno de los pisos. La calidad y propiedades del hormigón armado en el edificio se detallan en la tabla 4 las cuales se basan en las normas de diseño estructural:

- **ACI 318-08.**– Presenta los requerimientos para la ejecución de estructuras y sus diseños, además de la supervisión, mantenimiento, materiales, requerimiento que justifiquen la durabilidad, calidad del concreto, mezclado, colocación etc., abarcando el concreto estructural (Comité ACI318, 2008).
- **AISC-360-05.**– Presenta las especificaciones de

construcción para edificios de acero estructural, proporcionando criterios de diseño que se puedan utilizar rutinariamente (AISC, 2005).

- **CEC-2001.**– Establece los requerimientos de diseño aplicables a todas las estructuras por el Código Ecuatoriano de la Construcción considerando las limitaciones de los esfuerzos y las cargas muertas, vivas y otras cargas que se van a aplicar según la norma (CEC, 2001).
- **AWS-99.**– Se considera los requisitos de soldadura que se utilizan frecuentemente.

4.1.2 Material y sistema de entrepiso y tipo de cubierta

El sistema estructural y material del entrepiso está conformado por una losa aligerada bidireccional apoyada sobre vigas de hormigón armado, es de 25 cm de espesor en hormigón armado para todos los pisos de la edificación, entre las funciones a desempeñar está la de ser capaz de soportar las cargas de ocupación como: mobiliario, personas, peso propio y acabados (pisos y revoques). Además, forma un diafragma intermedio para atender la función sísmica del conjunto teniendo las siguientes características en la construcción (Tabla 6).

Mientras que la cubierta tiene una losa plana nervada de 30 cm de espesor en hormigón armado y con terminado en capa asfáltica, esta cuenta con una pen-



Figura 49: Esqueleto estructural del edificio de Postgrados
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

ESPECIFICACIONES GENERALES		
Resistencia a la compresión del concreto a los 28 días	$f'c = 240 \text{ [kgf/cm}^2\text{]}$	
Resistencia a la fluencia de las varillas corrugadas	$f_y = 4200 \text{ [kgf/cm}^2\text{]}$	
Resistencia a la fluencia de los perfiles metálicos	$f_y = 2520 \text{ [kgf/cm}^2\text{]}$	
Tamaño máximo del árido	3 mm	
Recubrimiento de refuerzo	Concreto colado directamente sobre el suelo	7 cm
	Concreto expuesto a la acción del suelo	5 cm
	Losas y Muros	2 cm
	Vigas y Columnas	4 cm
Las juntas soldadas deben cumplir con las especificaciones del código AWS		
El primer estribo en las vigas se colocará a no más de 5 cm del elemento de apoyo		
El refuerzo transversal tanto en vigas como columnas deberá anclarse con ganchos de 135°		

Tabla 4: Especificaciones generales y técnicas de la estructura
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

diente de 2.5 por ciento conformando 4 sumideros, los cuales mediante dos bajantes se conectan al pozo de aguas lluvias y servidas en el lateral derecho del ascensor (Tabla 6). La tabla 6 se construye de acuerdo a los datos recopilados en la memoria estructural del proyecto.

4.1.3 Posición de la cimentación

El edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura está compuesto por un conjunto de zapatas aisladas que distan entre ejes X y Y, 7.55 m y 7.35 m respectivamente (Figura 50), diseñadas para transmitir las cargas y acciones del edificio al terreno donde se asienta. Para la zona del subterráneo, como se sabe en tres de sus lados se diseñan muros de contención en hormigón armado con sus respectivas zapatas, la principal función de los muros es la de evitar el empuje horizontal de la tierra.

4.1.4 Distancia máxima entre muros de mampostería confinada

Para el edificio de Postgrados se considera que la distribución en planta de estos elementos de mampostería es simétrica en el eje X con una distancia máxima entre elementos de 7.35 m, en cambio en el eje Y existe un ligero desplazamiento del elemento central dando una distancia máxima entre muros de 9,65 m.

4.1.5 Determinación de tipo de ocupación y número de ocupantes

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Peligro Sísmico”, el caso de estudio está dentro de la categoría de “Estructuras de ocupación especial” por ser un centro de educación. A partir de esto si hablamos de estructuras de ocupación especial es importante destacar el número de usuarios, para lo cual se realizará un cálculo de ocupación teórico mediante una hipótesis de que todo el inmueble fuera ocupado en un cien por ciento (Tabla 5).

NÚMERO DE OCUPANTES DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA		
Nivel	Espacio	Ocupantes
Planta Subterráneo N=-3,60	Aula audiovisual 1	31
	Aula audiovisual 2	21
	Oficina D'Tics	7
Planta Baja N=+0,00	Centro de Investigación	24
	Oficina 1	3
	Oficina 2	3
Primera Planta Alta N=+3,60	Aula de maestrías	31
	Aula de maestrías	31
	Aula de maestrías	31
Segunda Planta Alta N=+7,20	Aula de maestrías	31
	Aula de maestrías	31
	Aula de maestrías	31
	Sala de Reuniones	12
	Aula Opción diseño arquitectónico	31
Tercera Planta Alta N=+10,80	Aula Opción diseño arquitectónico	31
	Aula Opción diseño arquitectónico	31
Total ocupantes		287

Tabla 5: Cálculo según cantidad de ocupantes del edificio
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

VOLUMEN DE MATERIALES Y DATOS TÉCNICOS DE LOSA NERVADA		
	Losa de Cubierta	Losas de entrepiso
Espesor Losa Nervada	30 cm	25 cm
Área de Losa	240.82 m²	205.34 m²
Área de relleno y/o casetones	106.08 m²	92.32 m²
Número total de rellenos y/o casetones	681 U	669 U
Número total de rellenos y/o casetones 40x40x20 cm	645 U	487 U
Número total de rellenos y/o casetones 20x40x20 cm	36 U	178 U
Número total de rellenos y/o casetones 20x20x20 cm		4U
Volumen total de hormigón (Losa con casetón)	53.15 m³	43.07 m³
Armadura de Refuerzo	4058.23 kg	4389.78 kg

Tabla 6: Datos técnicos _ Losa nervada de entrepisos y cubierta
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

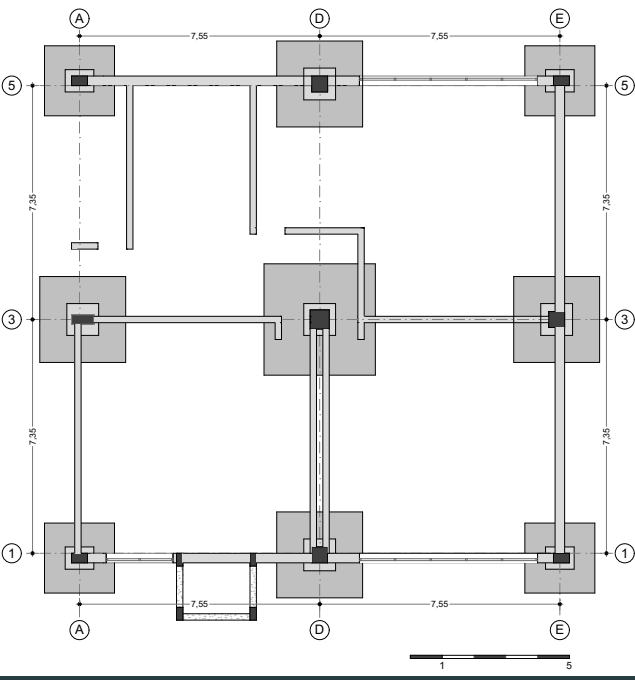


Figura 50: Planta de Cimentación _ N=-3.60.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2020).

4.1.6 Determinación del tipo de suelo

De acuerdo al estudio realizado por Riquetti, (2010) el territorio donde se asienta la Universidad de Cuenca se caracteriza por ser un suelo de partículas gruesas, tal como se puede observar en su clasificación de unidades geotécnicas (Figura 51), en esta zona (Unidad Geotécnica A) predomina las gravas y arenas, las cuales tienen como propiedad ser suelos densos o de roca blanda idóneos para la construcción por la resistencia que presenta.

Una vez definida la unidad geotectónica en la que se emplaza esta institución académica se le asignan parámetros geotécnicos los cuales influirán en el diseño de cimentaciones (Tabla 7).

En el mismo estudio se encuentra la relación que debe existir entre la profundidad de la cimentación en función de la calidad del suelo (Tabla 8), para lo cual a mejor calidad del suelo menor profundidad de desplante. Tomando como referencia esta relación y la ubicación del edificio de Postgrados el desplante sugerido es de un 1m. Desde este contexto se ve una descripción de las características asumidas para el suelo halladas en la memoria estructural del proyecto (Tabla 9), donde también se puede verificar que el nivel de cimentación coincide con la profundidad de desplante sugerido para la unidad geotécnica A.

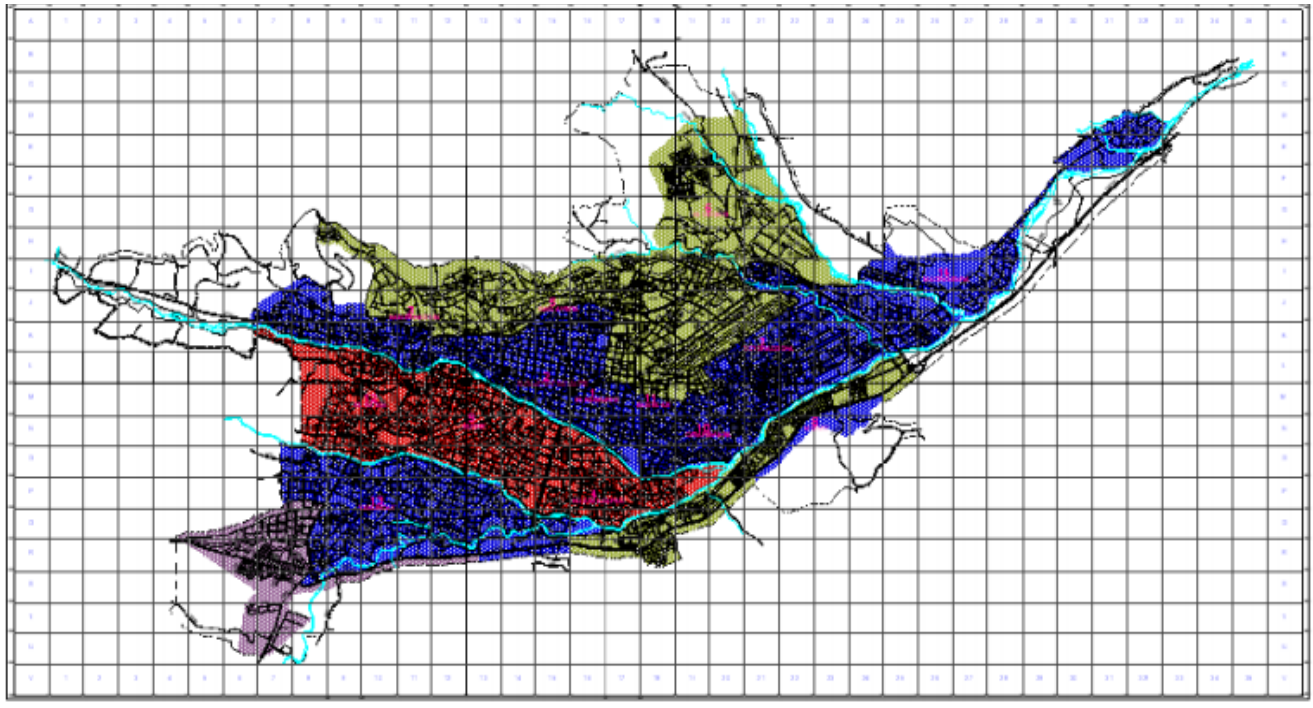


Figura 51: Unidades Geológicas de la ciudad de Cuenca.

Fuente: Riquette Morales, (2010).

Leyenda

- Unidad Geotécnica A
- Unidad Geotécnica B
- Unidad Geotécnica C
- Unidad Geotécnica D

4.1.7 Identificación del sistema sismorresistente

El edificio de Postgrados no posee un sistema sismorresistente específico, de acuerdo con una entrevista realizada con el arquitecto diseñador Leonardo Ramos, las columnas que al principio se plantearon rectangulares en el transcurso de la construcción de la obra cambiaron de geometría a columnas en forma de L, esto sucede a partir de la planta baja en el Nivel ± 0.00 , y con el propósito de que estas actúen como diafragmas y así lograr un mejor comportamiento estructural.

4.1.8 Estado de preservación de la construcción

En el año 2011 finaliza la construcción del edificio de Postgrados y hasta la fecha ha tenido 9 años de vida útil, así pues, se considera como una construcción relativamente nueva la cual hasta el momento no ha sufrido daños ni restauraciones de gran impacto en sus elementos constructivos. Por lo cual se puede decir que su estado de conservación y mantenimiento es bueno.

4.1.9 Resultados de la caracterización del edificio de Postgrados

El edificio de Postgrados constructivamente posee tres características principales, en primer lugar, la

estructura principal está constituida en su totalidad por hormigón armado, si consideramos que el sistema constructivo fue resuelto en obra de acuerdo a las normas vigentes descritas se debe esperar que el edificio absorba y disipe la energía de deformación exitosamente.

En segundo lugar, el tipo de suelo sobre el que se asienta posee propiedades físico-mecánicas que favorecen a un buen comportamiento ante la posible acción de un sismo.

Y por último, la distribución de paredes internas del edificio no es simétrica al existir desplazamiento de las paredes de los ejes principales del edificio, se predispone que exista una mayor concentración de rigidez en ciertas áreas poniendo en duda el comportamiento del sistema constructivo de la edificación.

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO		
Unidad Geotécnica A		
Ángulo de fricción interna del suelo	ϕ_R	41 °
Cohesión del suelo	C_R	0 [kg/m²]
Peso específico del suelo	γ	2100 [kg/m³]
Módulo de elasticidad general del suelo	E_s	1,50E+07 [kg/m²]
Relación de Poisson del suelo	μ_s	0,3 μ_s
Módulo de elasticidad edométrico del suelo	E_o	- [kg/m²]

Tabla 7: Parámetros geotécnicos de diseño.

Fuente: Fuente: Riquette Morales, (2010).

Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO	
Unidad Geotécnica	Profundidad de desplante (m)
A	1,00
B	1,00
C	1,50
D	1,50

Tabla 8: Parámetros geotécnicos de diseño _ Profundidad de desplante [Sugerida].

Fuente: Fuente: Riquette Morales, (2010).

Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

PARAMETROS ASUMIDOS PARA EL SUELO	
Descripción	Valor
Nivel de cimentación mínimo 1.0m por debajo del nivel del subsuelo	
Peso específico	(γ)= 2000 kg/m³
Ángulo de fricción interna	(ϕ)= 30°
Presión Admisible	(q)= 2.50 kgf/cm²
Coefficiente de empuje activo	(k)= 0.333
Coefficiente de presión de tierra en reposo	(k_v)= 0.45

Tabla 9: Parámetros asumidos para el suelo.

Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

4.2 ANÁLISIS DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Las experiencias de sismos en el país han manifestado que las geometrías complejas, calidad de los materiales, irregularidades en planta o su configuración en altura causan mayor vulnerabilidad en las construcciones, ya sea debido a las malas conexiones, diafragmas de piso demasiado flexibles, morteros de mala calidad o una deficiente distribución de muros en planta etc., provocan un comportamiento con poca ductilidad y el colapso súbito del elemento.

La presente sección del capítulo tiene por objetivo analizar la configuración estructural a través de los parámetros que recomienda la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Vivienda”, para lograr un sistema estructural resistente a cargas sísmicas. Como se sabe la configuración estructural se rige principalmente al proyecto arquitectónico por lo cual la relación entre secciones estructurales y arquitectónicas definen un futuro comportamiento satisfactorio.

4.2.1 Análisis funcional del programa arquitectónico

4.2.1.1 Programa y circulación

Para realizar el análisis funcional del programa arquitectónico se debe analizar el uso por cada piso y la distribución de los espacios, para esto se considera que el programa arquitectónico inicial el edificio de Postgrados albergaba en la planta de subsuelo el Centro de Cómputo con oficinas para su dirección y

aulas de audiovisuales. En la planta baja se ubican las oficinas de la dirección de las maestrías. En las tres primeras plantas están las aulas que son utilizadas por los docentes y las salas correspondientes a talleres audiovisuales y de trabajo para el área de maestrías (Ramos, 2012).

Actualmente el edificio distribuye el programa según las nuevas necesidades, en el subsuelo se ubican las aulas de cómputo, audiovisuales y oficinas para D’tics, los cubículos del centro de investigación en la primera planta y en la segunda planta alta las aulas destinadas a maestrías, mientras que en la tercera planta alta las aulas de décimo de la opción de diseño arquitectónico, (Tabla 10) (Figura 52, 53, 54, 55, 56).

Para la comunicación en el edificio de Postgrados existen dos tipos de circulaciones en su interior, la primera es la circulación horizontal que se da en un mismo nivel y que se desarrolla en los pasillos permitiendo el acceso a las aulas y oficinas, la segunda es la circulación vertical, cuya función es la de salvar las diferencias de nivel y se obtiene mediante una única escalera y ascensor ubicados uno frente al otro, estos elementos de comunicación están bien iluminados y poseen dimensiones que permiten un buen desplazamiento, además de integrarse con el edificio estos son de fácil localización y no obstruyen los diferentes espacios que se desarrollan en las plantas.

4.2.1.2 Espacios

PROGRAMA Y CUADRO DE ÁREAS		
Espacio	Área	Unidad
Área de Centro de Investigación		[m²]
Área de recepción	21,52	[m²]
Área de cubículos	79,75	[m²]
Total Área de C. I.	101,3	(m²)
Área de Aulas		
2 Aulas - Opc. Arquitectónico	65,92 c/u	[m²]
2 Aulas - Audiovisuales	52,54 c/u	[m²]
4 Aulas - Maestrías	65,92 c/u	[m²]
Total Área de Aulas	500,6	[m²]
Área de Oficinas - Sala de reuniones		
Oficina_1	10,59	[m²]
Oficina_2	11,56	[m²]
1 Sala de Reuniones	22,45	[m²]
D’tics	60,30	[m²]
Total Área	104,9	(m²)
Área de Servicios		
2 Baños para hombres	10,10 c/u	[m²]
2 Baños para mujeres	11,35 c/u	[m²]
8 Ductos	0,85 c/u	[m²]
1 Bodega	7,34 c/u	[m²]
Total Área de Servicios	57,04	[m²]
Área de Circulación Horizontal Principal		
Circulación - Planta N= -3,60	20,70	[m²]
Circulación - Planta N=+ 0,00	50,22	[m²]
Circulación - Planta N= +3,60	23,78	[m²]
Circulación - Planta N= +7,20	23,78	[m²]
Circulación - Planta N= +10,80	23,78	[m²]
Total Área de Circulación	142,3	[m²]

Tabla 10: Programa y cuadro de áreas
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

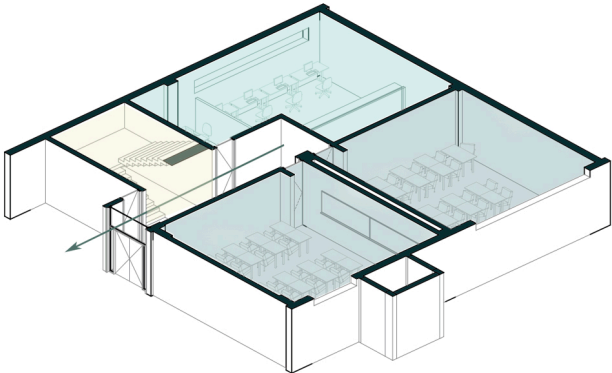


Figura 52: Programa y zonificación del Edificio de Postgrados.
Nivel = -3.60.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

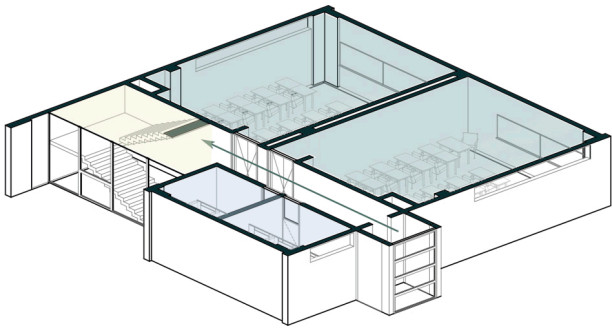


Figura 55: Programa y circulación del Edificio de Postgrados
Nivel =+7.20.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

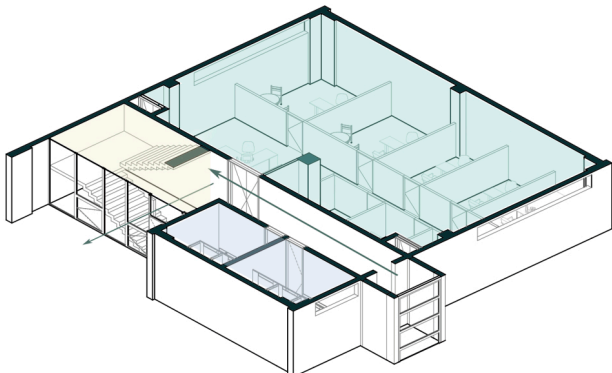


Figura 53: Programa y zonificación del Edificio de Postgrados
Nivel = +-0.00
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

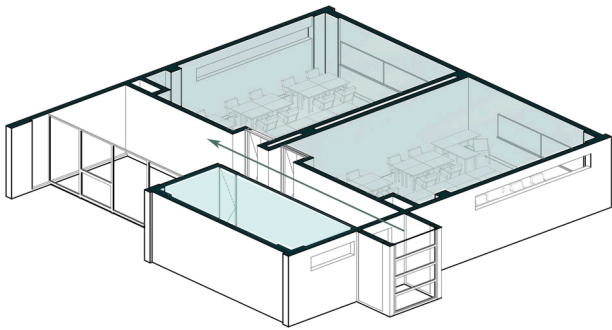


Figura 56: Programa y circulación del Edificio de Postgrados
Nivel =+10.80
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

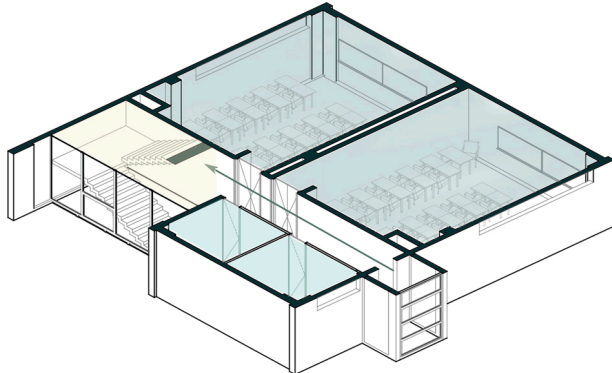


Figura 54: Programa y circulación del Edificio de Postgrados
Nivel=+3.60.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

Leyenda de las Axonometrías

- Zona de Oficinas
- Zona de Aulas
- SS HH
- Circulación Vertical Principal
- Circulación Horizontal Principal

4.2.2 Análisis de la configuración estructural

La respuesta de una estructura ante un sismo es compleja y esto se debe a una mezcla de factores que inciden, la configuración es uno de los aspectos a considerar, así pues, la evaluación de la configuración estructural en planta y elevación permite tener una estimación de la estabilidad del edificio frente a un sismo.

Para este proceso de análisis se toman en cuenta los siguientes parámetros:

4.2.2.1 Regularidad en planta

“El edificio debe poseer una configuración de secciones estructurales que le confiera resistencia y rigidez a cargas laterales en cualquier dirección. Esto se consigue suministrando sistemas resistentes en los dos sentidos ortogonales” (Bazán & Meli, n.d.).

La representación en planta del edificio incide en la respuesta sísmica, la principal recomendación es que las formas simétricas son mejores a aquellas asimétricas, con relación a lo primero, la planta del edificio de Postgrados es casi simétrica y proporcional a los dos ejes ortogonales, así como muros y elementos resistentes son similares a los ejes ortogonales principales. El sistema de losas se caracteriza por conformar un solo elemento regular casi cuadrado donde la

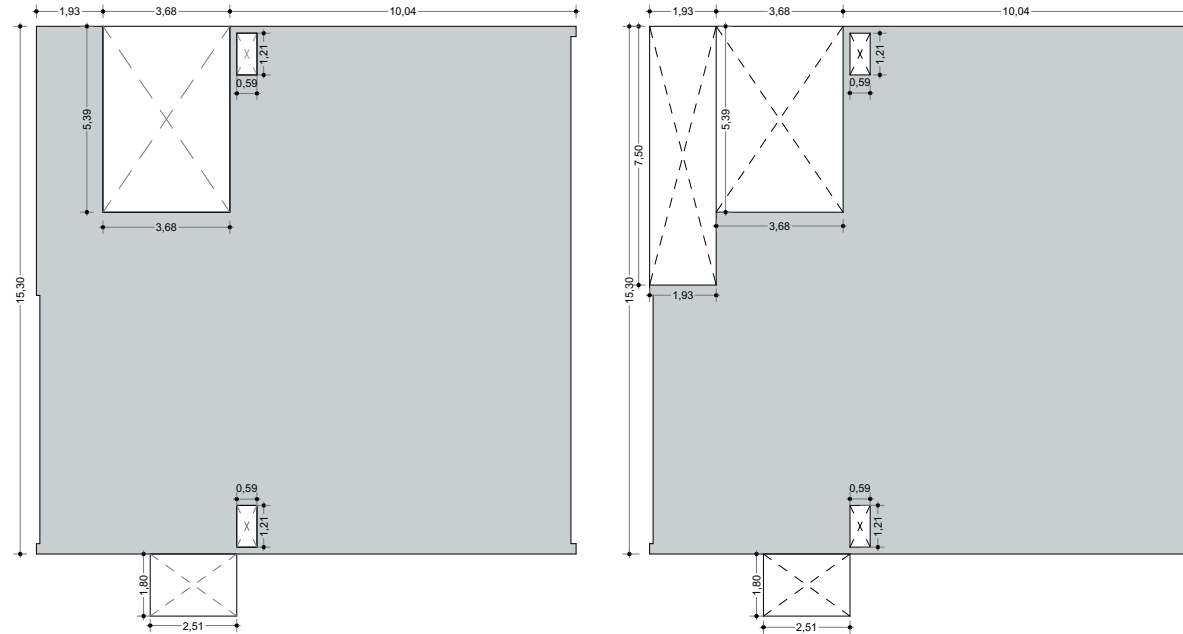


Figura 57: Dimensiones de las aberturas en planta del edificio de Postgrados
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

REGULARIDAD EN PLANTA	
Largo	Ancho
15,30	15,65
Valor recomendado	< 4
Resultado	0,98

Cumple la relación

Tabla 11: Cálculo de la relación de regularidad en planta
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

PORCENTAJE DE ABERTURAS EN PISO			
	Área de losa (m²)	Área de abertura (m²)	Porcentaje %
N= ±0.00	240,82	25,07	10,41
N= +3.60	240,82	39,54	16,42
N= +7.20	240,82	39,54	16,42
N= +10.80	240,82	39,54	16,42

Tabla 12: Cálculo del porcentaje de aberturas en el piso.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

ABERTURAS EN LOSA DE PISO_N= ±0.00				
Dimensión	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m²)	Área Total (m²)
Núcleo de gradas	5,39	3,68	19,84	25,07
Ductos	1,21	0,59	0,71	
Núcleo de ascensor	1,80	2,51	4,52	
ABERTURAS EN LOSA DE PISO_N= +3.60, +7.20, +10.80				
Dimensión	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m²)	Área Total (m²)
Núcleo de gradas	5,39	3,68	19,84	39,54
Ductos	1,21	0,59	0,71	
Núcleo de ascensor	1,80	2,51	4,52	
Retiro frontal	7,5	1,93	14,48	

Tabla 13: Aberturas en losas de piso
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

relación de largo/ancho de la planta tipo es de 0.98, valor que no excede al máximo indicado por la norma, donde el recomendado es < 4 (Tabla 11).

La Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Vivienda”, recomienda que las aberturas en el piso no deben exceder el 50% del área total del piso y ninguna de ellas debe superar el 25% del área total del piso, este criterio resalta debido a que a una mayor irregularidad en planta provoca una alta probabilidad de torsión. Al realizar este análisis por piso, obtenemos como resultado que las aberturas del núcleo de escaleras, ascensor y ductos no sobrepasa el porcentaje antes mencionado (Tabla 12, 13).

4.2.2.2 Continuidad vertical en columnas

El proceso estructural del edificio se divide en dos etapas, la primera, la concepción de muros de contención y columnas rectangulares y cuadradas que forman parte de la planta del nivel -3.60 , mientras que la segunda etapa, comienza con el reforzamiento de algunas de estas columnas concebidas al principio cambiando la geometría a L (Figura 58), estas se reconfiguran a partir de la planta del nivel $+0.00$ con un traslape de 1m en el muro de contención y continúan hasta la losa de cubierta en el nivel $+14.00$ (Figura 60). A pesar de este cambio en la geometría de las columnas, éstas se alinean tanto horizontal como vertical en

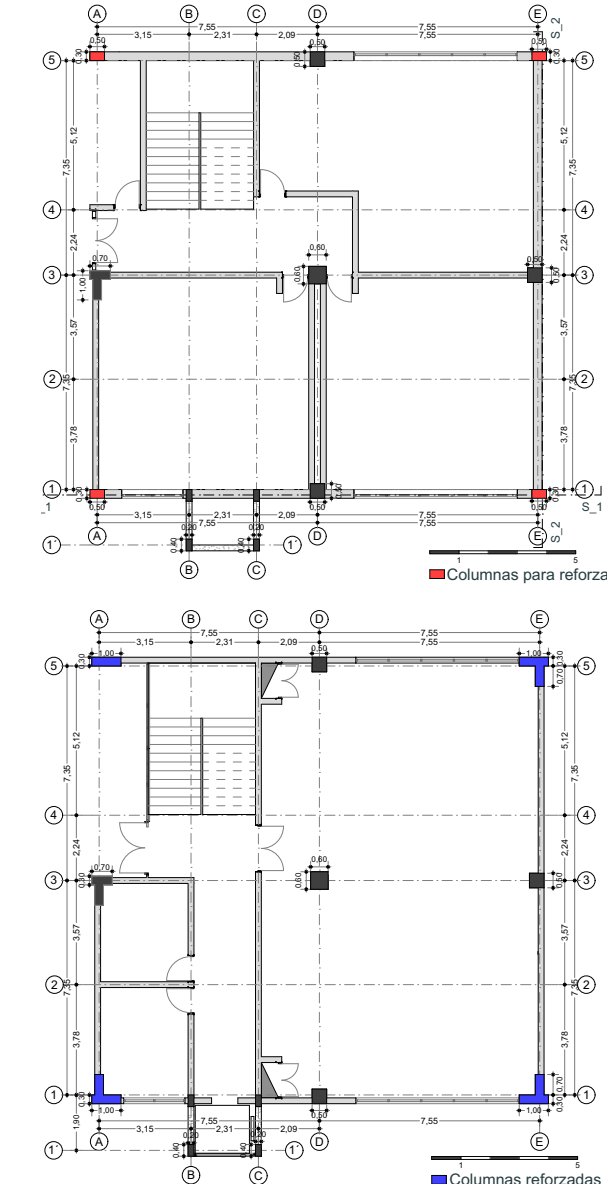


Figura 58: Esquema en planta de columnas que cambian de geometría.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

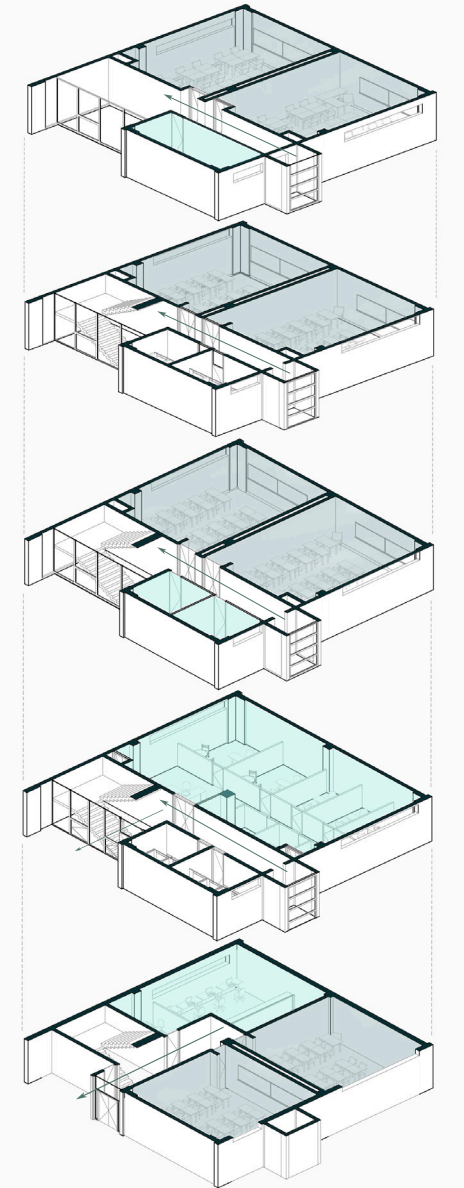


Figura 59: Axonometría explotada del edificio de Postgrados
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

todos los pisos, estas últimas continúan hasta la cimentación asegurando la transferencia de cargas al suelo. (Figura 60).

4.2.2.3 Disposición de los muros

La Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Vivienda”, considera conveniente la colocación en planta de muros en dos direcciones ortogonales o aproximadamente ortogonales donde la longitud de los muros en las dos direcciones debe ser aproximadamente igual. Como resultado de este análisis para el edificio de Postgrados se obtuvo que en la segunda planta alta hay mayor concentración de paredes en el eje X con 50.79 m, mientras que en el nivel del subsuelo hay mayor concentración de paredes en el eje Y con 50.52 m (Figura 61) esta diferencia de longitudes se debe al doble muro que existe en los ejes 3 y D. De esta manera se evidencia que la diferencia de longitud de las paredes en ambos ejes, en todos los niveles del edificio no es significativa.

DISPOSICIÓN DE MUROS			
	Longitud eje X (m)	Longitud eje Y (m)	Diferencia (m)
Planta Subsuelo_Nivel -3,60	45,42	50,52	5,10
Planta Baja_Nivel ± 0,00	32,41	39,65	7,24
Primera Planta Alta_Nivel +3,60	47,59	33,30	14,29
Segunda Planta Alta_Nivel +7,20	50,79	38,55	12,24
Tercera Planta Alta_Nivel +10,80	47,59	33,30	14,29

Tabla 14. Cálculo de la longitud de paredes sobre la losa
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

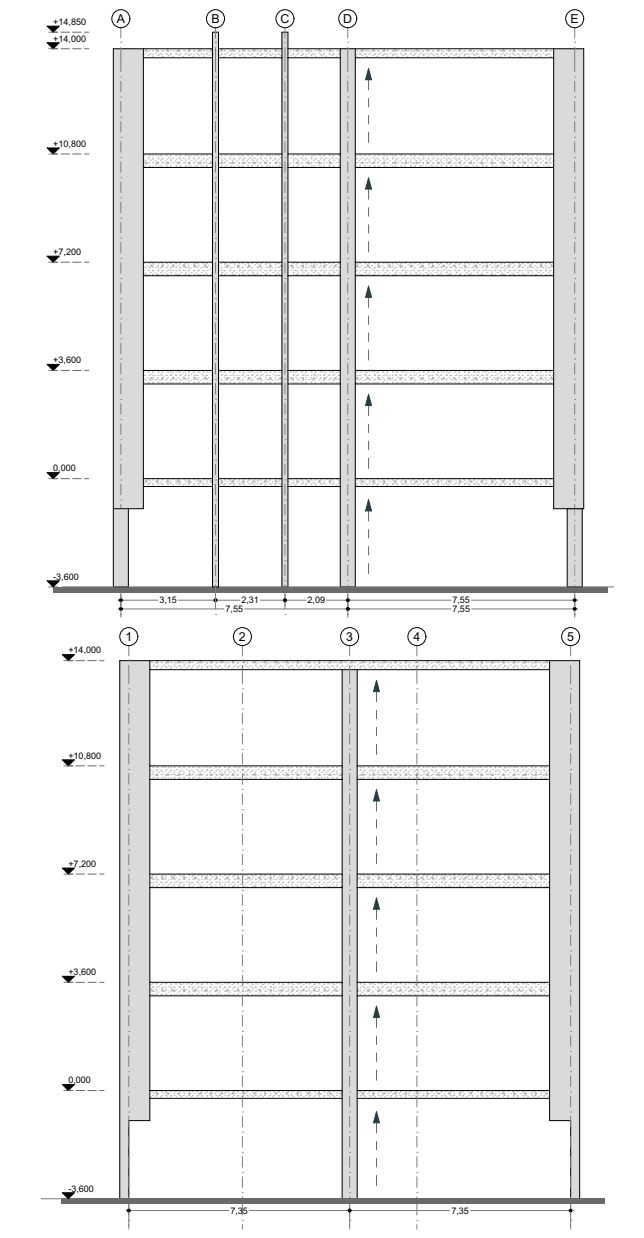


Figura 60: Continuación de columnas que cambian de geometría.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

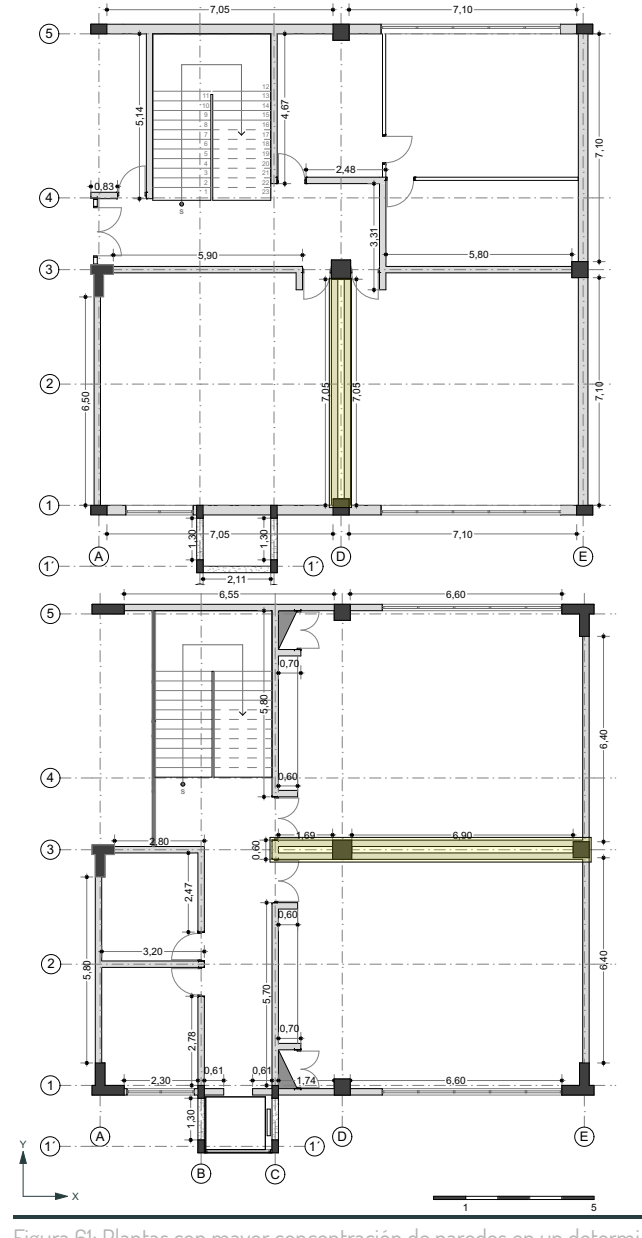


Figura 61: Plantas con mayor concentración de paredes en un determinado eje, debido al doble muro.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

4.2.2.4 Regularidad en elevación y proporción

“En el diseño sísmico, las proporciones de un edificio pueden ser más importantes que su tamaño absoluto. Para edificios altos su relación de esbeltez (altura/anchura), es una consideración más importante que solo su altura” (Arnold & Reitherman, 1987)(Dowrick, 1997). Este mismo autor considera limitar la relación altura/anchura a 3 o 4.

Para el análisis de la regularidad en elevación en el edificio la dimensión mayor en planta y la altura que es considerada desde el nivel de la calle de la fachada posterior hasta el nivel de la azotea +14.80, dan como resultado una relación de 0.89 siendo inferior a lo descrito anteriormente (Tabla 15).

A pesar de que el edificio no posee escalonamiento, una variación en elevación es la ubicación del ascensor en el lateral derecho del edificio, este elemento rectangular de 1.80 x 2.50 m no se encuentra separado estructuralmente del edificio. Su composición de columnas, vigas y muros de hormigón armado provoca irregularidad entre los elementos rígidos en elevación debido a una concentración de rigidez en este sector (Figura 62).

Acerca de este punto la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “ Vivienda”, analiza que en la

regularidad en elevación también se debe considerar una adecuada localización de las aberturas de puertas y ventanas, en este aspecto las fachadas laterales contienen las únicas aberturas exteriores, las cuales se disponen simétricamente y con dimensiones constantes, en el punto 4.2.2.5 existe una explicación más desarrollada acerca de aberturas.

4.2.2.5 Aberturas verticales

En la configuración de las paredes resulta importante identificar la forma, tamaño y localización de las aberturas, dado que la combinación de estas puede favorecer o afectar a la resistencia de la pared frente a las fuerzas laterales que debe soportar. Para la localización y el dimensionamiento se recomienda que:

- La distancia mínima entre dos aberturas y entre una abertura y el extremo del muro debe ser al menos de 50 cm y en todo caso debe ser mayor que la mitad de la dimensión menor de la abertura.
- El área total de las aberturas dispuestas en los muros para la colocación de puertas y ventanas no debe sobrepasar el 35% del área total del muro.

En el edificio de Postgrados se localizan aberturas de ventanas en las paredes exteriores del lateral derecho

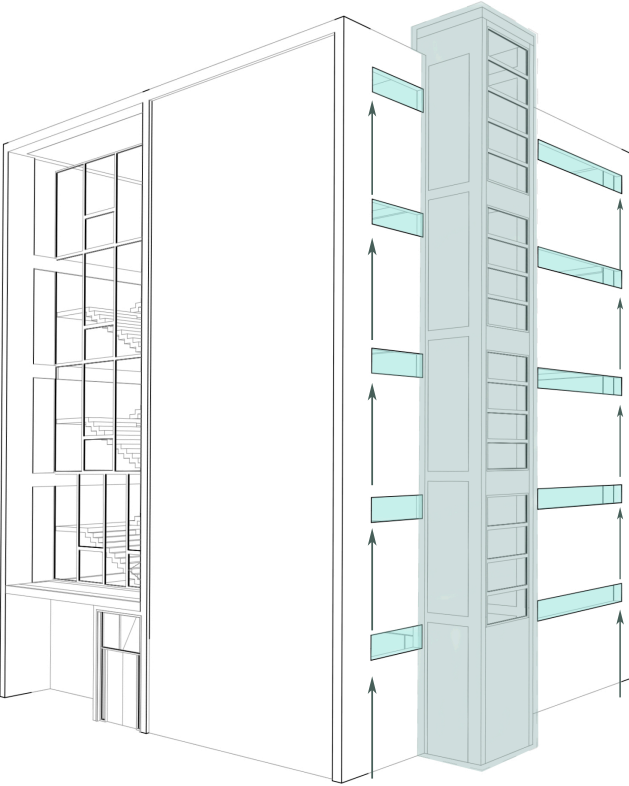


Figura 62: Ubicación de la caja del ascensor y continuidad -regularidad vertical de vanos de ventanas
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

REGULARIDAD EN PROPORCIÓN	
Alto	Ancho
14	15,65
Relación Altura/Ancho entre 3-4	
0,89	

Tabla 15: Relación Alto/Ancho del edificio de Postgrados
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

e izquierdo del edificio, en el área interna del edificio no existen aberturas para puertas ni ventanas, las paredes internas son uniformes y continuas hasta llegar a los vanos de puertas, estos vanos en altura llegan hasta el cielo raso sin interrupción de pared (Figura 63, 64).

En la tabla 16 al realizar la comparación entre los tipos de pared 1 y 2, se observa que la relación de aberturas en las paredes laterales varía entre el 5.75% y 6.58%, finalmente estos valores no exceden del 35% del área total del muro.

ABERTURA EN PAREDES. PARED TIPO 1							
Planta	Pared			Ventana			Porcentaje
	Alto	Ancho	Área	Alto	Ancho	Área	
N= -3,60	3,35	6,60	22,11	0,60	5,60	3,36	6,58 %
N= ±0,00	3,15	6,60	20,79	0,60	5,60	3,36	6,19 %
N= +3,60	3,15	6,60	20,79	0,60	5,60	3,36	6,19 %
N= +7,20	3,15	6,60	20,79	0,60	5,60	3,36	6,19 %
N= +10,80	3,20	6,60	21,12	0,60	5,60	3,36	6,29 %

ABERTURA EN PAREDES. PARED TIPO 2							
Planta	Pared			Ventana			Porcentaje
	Alto	Ancho	Área	Alto	Ancho	Área	
N= -3,60	3,35	2,30	7,71	0,60	2,10	1,26	6,12 %
N= ±0,00	3,15	2,30	7,25	0,60	2,10	1,26	5,75 %
N= +3,60	3,15	2,30	7,25	0,60	2,10	1,26	5,75 %
N= +7,20	3,15	2,30	7,25	0,60	2,10	1,26	5,75 %
N= +10,80	3,20	2,30	7,36	0,60	2,10	1,26	5,84 %

Tabla 16: Relación de las aberturas en paredes laterales exteriores.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

4.2.2.6 Resultados de la Configuración Estructural

En este apartado, la evaluación de la vulnerabilidad a través del análisis de la configuración estructural nos permite estimar el comportamiento sísmico del edificio, el cual dependerá de la sencillez, simetría y regularidad que presenta el diseño en planta y elevación. Como resultado del análisis de la configuración estructural del edificio tenemos:

- La planta del edificio de Postgrados posee ejes simétricos que son sensiblemente regulares y perpendiculares entre sí.
- La configuración de los componentes estructurales como lo son las columnas, permiten un flujo continuo y regular desde el punto donde se generan esfuerzos hasta el terreno.
- Los elementos verticales resistentes a las cargas laterales como lo son las paredes son paralelos y casi proporcionadas con relación a los ejes ortogonales. La longitud de paredes es aproximadamente igual entre los distintos pisos al no superar el 15 % diferencia.
- El edificio posee regularidad en elevación al no tener presencia de entrantes o salientes que alteren su geometría, al no existir cambios bruscos en las alturas de entrepiso y al no presentar aberturas (vanos de ventanas) mayores al 35 % del área total del plano que las contiene.

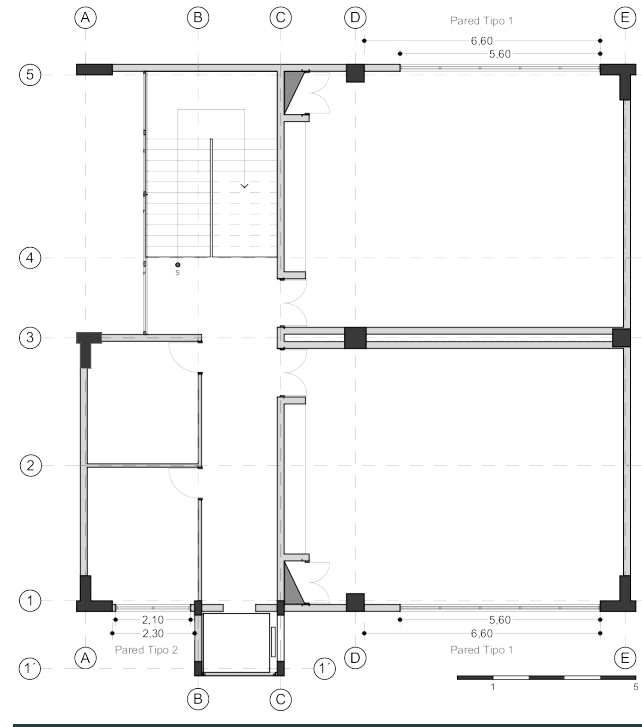


Figura 63: Tipos de paredes que contienen las aberturas verticales.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

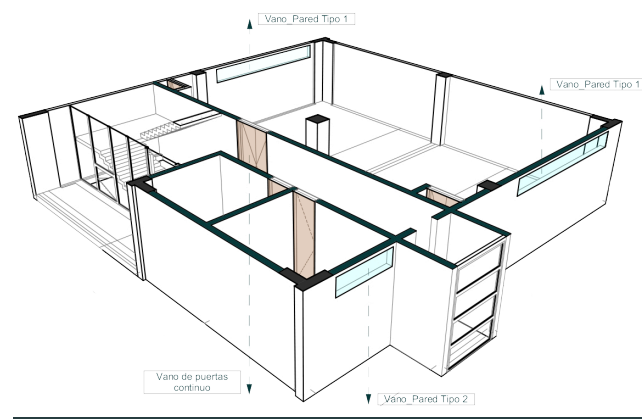


Figura 64: Esquema de aberturas continuas en paredes internas del edificio.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

4.3 DIAGNÓSTICO DE LA EDIFICACIÓN MEDIANTE EL RESULTADO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

4.3.1 Reconocimiento y ubicación de las columnas para ensayos

De los seis tipos de columnas que existen en el edificio se pudo realizar el ensayo en cinco (Figura 65), en el sexto tipo, debido al recubrimiento con placas de hormigón que posee se descartó para la elaboración de las pruebas.

4.3.2 Ensayo de esclerómetro

En las columnas designadas para el ensayo se determina el tercio inferior y tercio medio para la focalización del área de impactos. El número de rebotes propuesto es 16.

En el punto 4.3.2.1 se muestra el proceso de cálculo de la resistencia a compresión a través del ensayo de esclerómetro.

4.3.2.1 Fichas de ensayos - Esclerómetro

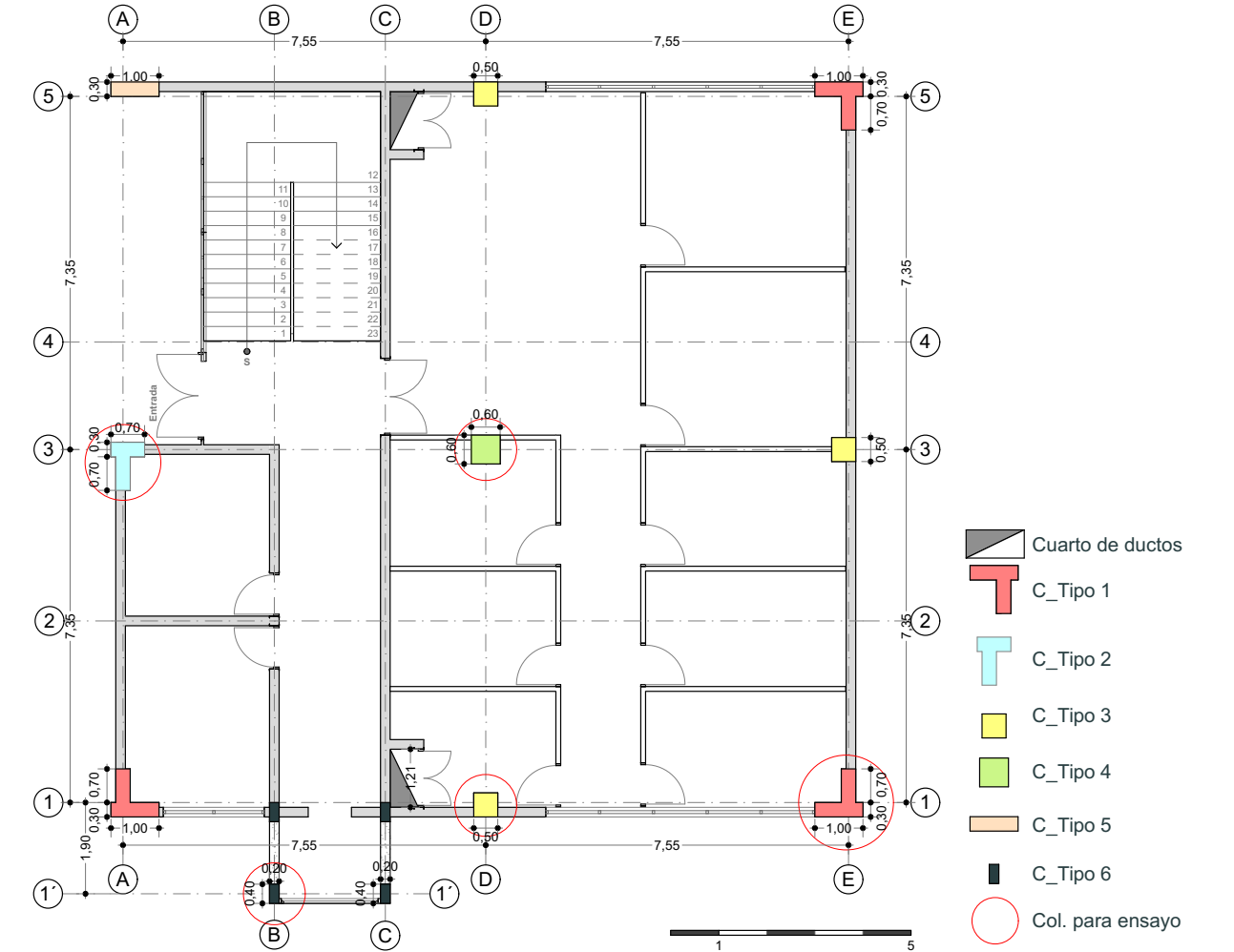


Figura 65: Ubicación de las columnas en planta donde se realizarán los análisis no destructivos.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).



4.3.2.1 FICHAS DE ENSAYOS CON ESCLERÓMETRO

Informe de realización del método estándar para ensayo con esclerómetro																	
Lugar	Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo					Fecha	13/8/2020										
Forma	Material	Altura [m]	Dimensión [m]	Humedad	Temp. [°C]	Altura relativa [m]	Orientación_martillo	Columna	Tipo_1								
En L	H°A°	3.60	1.00x0.70x0.30	51.1 %	20,4°	1.50 - 0.70	90°	Hora del ensayo									
10:22 a. m.																	
TERCIO MEDIO				TERCIO INFERIOR													
43	46	42	33	49.5	47.5	47	45										
44	45	44	39	46	45.5	50	46										
37	48	47	44	51	50.5	52	46										
40	40	42	46	45	51.5	40.5	40										
Media Promedio [M]			42.5			Media Promedio (M)			47.06								
Media Max [M+6]		48.5		Media Mín [M-6]		36.5		Media Max [M+6]		53.06							
								Media Mín [M-6]		41.06							
Valores eliminados			1			Valores eliminados			2								
			Muestra Válida						Muestra Válida								
Media Corregida Q			43.13			Media Corregida Q			48.04								
Aplicación de fórmulas				Q=43.13				Aplicación de fórmulas				Q=48.04					
$f'_c = 2.77e^{0.048Q}$								$f'_c = 2.77e^{0.048Q}$									
f'c1=		21.96		[MPa]		f'c1=		27.79		[MPa]		f'c1=		27.79		[MPa]	
f'c1=		223.94		[kgf/cm²]		f'c1=		283.35		[kgf/cm²]		f'c1=		283.35		[kgf/cm²]	
$f'_c = 0,0108Q^2 + 0,2236Q$								$f'_c = 0,0108Q^2 + 0,2236Q$									
f'c2=		29.74		[MPa]		f'c2=		35.66		[MPa]		f'c2=		35.66		[MPa]	
f'c2=		303.24		[kgf/cm²]		f'c2=		363.64		[kgf/cm²]		f'c2=		363.64		[kgf/cm²]	
Promedio _ Resistencias obtenidas																	
Resistencia a la compresión_f'c1						24.87						[MPa]					
Resistencia a la compresión_f'c2						32.70						[MPa]					
Promedio final						28.79						[MPa]					

Tercio medio

[kgf/cm²]

[MPa]

● f'c1 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

● f'c2 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

Tercio inferior

[kgf/cm²]

[MPa]

● f'c1 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

● f'c2 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

Tabla 17: Esclerómetro _ Columna Tipo 1.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

Informe de realización del método estándar para ensayo con esclerómetro									
Lugar	Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo					Fecha	13/8/2020	Columna	Tipo_2
Forma	Material	Altura [m]	Dimensión [m]	Humedad	Temp. [°C]	Altura relativa [m]	Orientación_martillo	Hora del ensayo	
En L	H°A°	3.60	0.70x0.70x0.30	54.2 %	18,8°	1.75 - 0.65	90°	10:38 a. m.	
TERCIO MEDIO				TERCIO INFERIOR					
37	41.5	42	43.5	40.5	52.5	45	40		
42	40	41	36	46	43	47	40.5		
44	50	43	39	47.5	42.5	45	41.5		
41	31	45	47	42.5	45.5	44	45		
Media Promedio [M]		41.4375		Media Promedio [M]		44.25			
Media Max [M+6]	47.4375	Media Mín [M-6]	35.4375	Media Max [M+6]	50.25	Media Mín [M-6]	38.25		
Valores eliminados			2	Valores eliminados			1		
Muestra Válida				Muestra Válida					
Media Corregida Q		41.57		Media Corregida Q		43.70			
Aplicación de fórmulas		Q=41,57		Aplicación de fórmulas		Q=43,70			
$f'_c = 2.77e^{0.048Q}$				$f'_c = 2.77e^{0.048Q}$					
f'c1=	20.37	[MPa]		f'c1=	22.57	[MPa]			
f'c1=	207.76	[kgf/cm²]		f'c1=	230.11	[kgf/cm²]			
$f'_c = 0,0108Q^2 + 0,2236Q$				$f'_c = 0,0108Q^2 + 0,2236Q$					
f'c2=	27.96	[MPa]		f'c2=	30.40	[MPa]			
f'c2=	285.11	[kgf/cm²]		f'c2=	309.95	[kgf/cm²]			
Promedio _ Resistencias obtenidas									
Resistencia a la compresión_f'c1				21.47				[MPa]	
Resistencia a la compresión_f'c2				29.18				[MPa]	
Promedio final				25.32				[MPa]	

Tercio medio

[kgf/cm²]

[MPa]

● f'c1 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

● f'c2 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

Tercio inferior

[kgf/cm²]

[MPa]

● f'c1 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

● f'c2 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

Tabla 18: Esclerómetro _ Columna Tipo 2
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).



Informe de realización del método estándar para ensayo con esclerómetro											
Lugar	Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo					Fecha	13/8/2020	Columna	Tipo_3		
Forma	Material	Altura [m]	Dimensión [m]	Humedad	Temp. [°C]	Altura relativa [m]	Orientación_martillo	Hora del ensayo			
Cuadrada	H°A°	3.60	0.50x0.50	60.1 %	16,2°	1.60 - 0.55	90°	10:08 a. m.			
TERCIO MEDIO				TERCIO INFERIOR							
44	37	43	42	40	39	36	40				
38	39	37	42	41	42	38	39				
43	44	39	36	38	42	42	37				
41	45.5	43.5	42	37	38	45	25				
Media Promedio [M]			41	Media Promedio [M]			38.69				
Media Max [M+6]		47	Media Mín [M-6]		35	Media Max [M+6]		44.69	Media Mín [M-6]		32.69
Valores eliminados			0	Valores eliminados			2				
Muestra Válida				Muestra Válida							
Media Corregida Q			41.00	Media Corregida Q			39.21				
Aplicación de fórmulas			Q=41,00	Aplicación de fórmulas			Q=39,21				
$f'_c = 2.77e^{0.048Q}$				$f'_c = 2.77e^{0.048Q}$							
f'c1=		19.82	[MPa]	f'c1=		18.19	[MPa]				
f'c1=		202.14	[kgf/cm²]	f'c1=		185.54	[kgf/cm²]				
$f'_c = 0,0108Q^2 + 0,2236Q$				$f'_c = 0,0108Q^2 + 0,2236Q$							
f'c2=		27.32	[MPa]	f'c2=		25.38	[MPa]				
f'c2=		278.61	[kgf/cm²]	f'c2=		258.77	[kgf/cm²]				
Promedio _ Resistencias obtenidas											
Resistencia a la compresión_f'c1				19.01				[MPa]			
Resistencia a la compresión_f'c2				26.35				[MPa]			
Promedio final				22.68				[MPa]			

Tercio medio

[kgf/cm²]

[MPa]

● f'c1 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

● f'c2 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

Tercio inferior

[kgf/cm²]

[MPa]

● f'c1 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

● f'c2 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

Tabla 19: Esclerómetro _ Columna Tipo 3.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

Informe de realización del método estándar para ensayo con esclerómetro											
Lugar	Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo					Fecha	13/8/2020		Columna	Tipo_4	
Forma	Material	Altura [m]	Dimensión [m]	Humedad	Temp. [°C]	Altura relativa [m]	Orientación_martillo	Hora del ensayo			
Cuadrada	H°A°	3.60	0.60x0.60	55.6%	19,3°	1.60 - 0.60	90°	9:38 a. m.			
TERCIO MEDIO				TERCIO INFERIOR							
41	39	44	40.5	39	37	40	38.5				
40	42	40.5	41.5	40	42	40	39				
44	42	40.5	41	37	41	40	39				
42	40.5	41	39.5	41	40	40.5	43				
Media Promedio [M]			41.19			Media Promedio [M]			39.81		
Media Max [M+6]		47.19		Media Mín [M-6]		35.19		Media Max [M+6]		45.81	
								Media Mín [M-6]		33.81	
Valores eliminados			0			Valores eliminados			0		
			Muestra Válida						Muestra Válida		
Media Corregida Q			41.19			Media Corregida Q			39.81		
Aplicación de fórmulas			Q=41,19			Aplicación de fórmulas			Q=39,81		
$f'_c = 2.77e^{0.048Q}$						$f'_c = 2.77e^{0.048Q}$					
f'c1=		20.00		[MPa]		f'c1=		18.72		[MPa]	
f'c1=		203.97		[kgf/cm²]		f'c1=		190.94		[kgf/cm²]	
$f'_c = 0,0108Q^2 + 0,2236Q$						$f'_c = 0,0108Q^2 + 0,2236Q$					
f'c2=		27.53		[MPa]		f'c2=		26.02		[MPa]	
f'c2=		280.74		[kgf/cm²]		f'c2=		265.34		[kgf/cm²]	
Promedio _ Resistencias obtenidas											
Resistencia a la compresión_f'c1				19.36		[MPa]					
Resistencia a la compresión_f'c2				26.78		[MPa]					
Promedio final				23.07		[MPa]					

Tercio medio

[kgf/cm²]

[MPa]

● f'c1 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

● f'c2 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

Tercio inferior

[kgf/cm²]

[MPa]

● f'c1 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

● f'c2 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

Tabla 20: Esclerómetro _ Columna Tipo 4.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).



Informe de realización del método estándar para ensayo con esclerometro									
Lugar	Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo					Fecha	13/8/2020	Columna	Tipo_6
Forma	Material	Altura [m]	Dimensión [m]	Humedad	Temp. [°C]	Altura relativa [m]	Orientación_martillo	Hora del ensayo	
Rectangular	H°A°	3.60	0.20x0.40	45.1%	20,2°	1.50	90°	11:09 a. m.	

TERCIO MEDIO			
47	46	52	46.5
42	48	46.5	51
40.5	40	48.5	48
42	38.5	42.5	49.5
Media Promedio [M]		45.53	
Media Max [M+6]	51.53	Media Mín [M-6]	39.53
Valores eliminados		2	
Muestra Válida			
Media Corregida Q		45.57	

Aplicación de fórmulas			Q=45,57
$f'_c = 2.77e^{0.048Q}$			
f'c1=	24.69	[MPa]	
f'c1=	251.74	[kgf/cm²]	
$f'_c = 0,0108Q^2 + 0,2236Q$			
f'c2=	32.62	[MPa]	
f'c2=	332.62	[kgf/cm²]	

Tercio medio

[kgf/cm²]

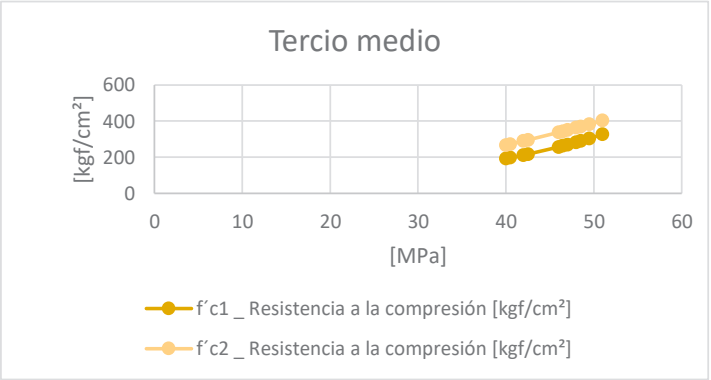
[MPa]

f'c1 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

f'c2 _ Resistencia a la compresión [kgf/cm²]

Promedio _ Resistencia obtenida		
Resistencia a la compresión		28.65 [MPa]

Tabla 21: Esclerómetro _ Columna Tipo 6.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).



4.3.2.2 Resultados del ensayo de Esclerómetro

De los cinco tipos de columnas donde se realizaron los ensayos se obtuvo un total de nueve zonas de impacto que contienen una serie de 16 rebotes cada una. Para obtener la resistencia a compresión del ensayo se realiza un promedio de los resultados obtenidos de los informes de cada columna ensayada. (Tabla 22)
Como resultado del ensayo se plantea lo siguiente:

- Como se observa en las fichas de estudio en las gráficas de resistencia a compresión la fórmula $f'_c2 = 0.0108Q^2 + 0.2236Q$, con un R^2 de 0.92 nos da como resultado valores más altos sobre la fórmula $f'_c1=2.77e0.048*Q$ con un R^2 de 0.90.
Donde:
 f'_c = Resistencia a la compresión
 Q = Índice de rebote
- Al establecer como límite mínimo de cumplimiento la resistencia de 21 MPa recomendada por la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Hormigón Armado”, se observa que todas las columnas ensayadas cumplen.
- Los valores de la resistencia a compresión obtenidos del ensayo de esclerómetro se encuentran entre 22.68 MPa y 28.79 MPa.
- La columna tipo 3 mostró los valores más bajos de índice de rebote, dando como resultado una resistencia a la compresión de 22.68 MPa.

RESULTADOS_ENSAYO DE ESCLERÓMETRO						
Columna	Ubicación	Media _ f'c	Resistencia a la Comp.	Resistencia a la Comp.		
C_TIPO 1	1/3 Medio	24.87 [MPa]	28.79 [MPa]	293.54	[kgf/cm²]	
C_TIPO 1	1/3 Inferior	32.70 [MPa]				
C_TIPO 2	1/3 Medio	21.47 [MPa]	25.32 [MPa]	258.23	[kgf/cm²]	
C_TIPO 2	1/3 Inferior	29.18 [MPa]				
C_TIPO 3	1/3 Medio	19.01 [MPa]	22.68 [MPa]	231.26	[kgf/cm²]	
C_TIPO 3	1/3 Inferior	26.35 [MPa]				
C_TIPO 4	1/3 Medio	19.36 [MPa]	23.07 [MPa]	235.25	[kgf/cm²]	
C_TIPO 4	1/3 Inferior	26.78 [MPa]				
C_TIPO 6	1/3 Medio	28.65 [MPa]	28.65 [MPa]	292.18	[kgf/cm²]	
Promedio total _ f'c			25.70 [MPa]	262.09	[kgf/cm²]	

Tabla 22: Resultados obtenidos del ensayo de esclerómetro.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

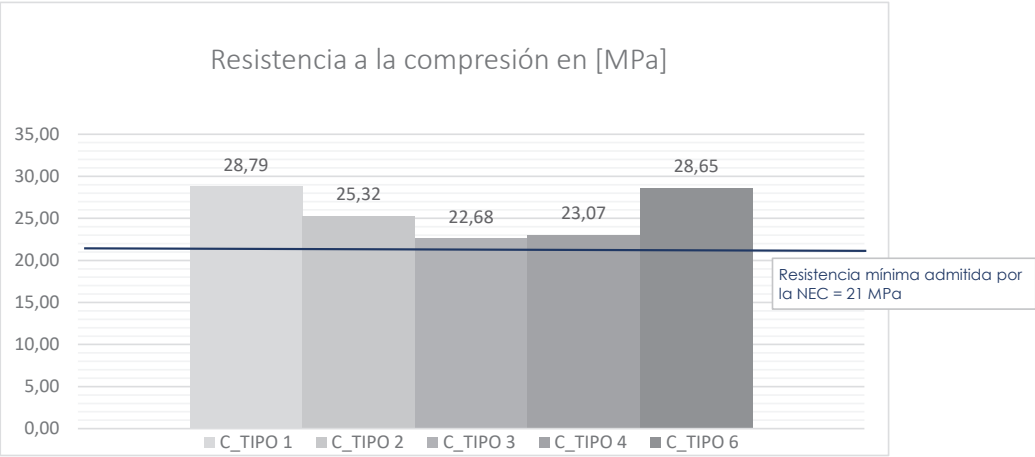


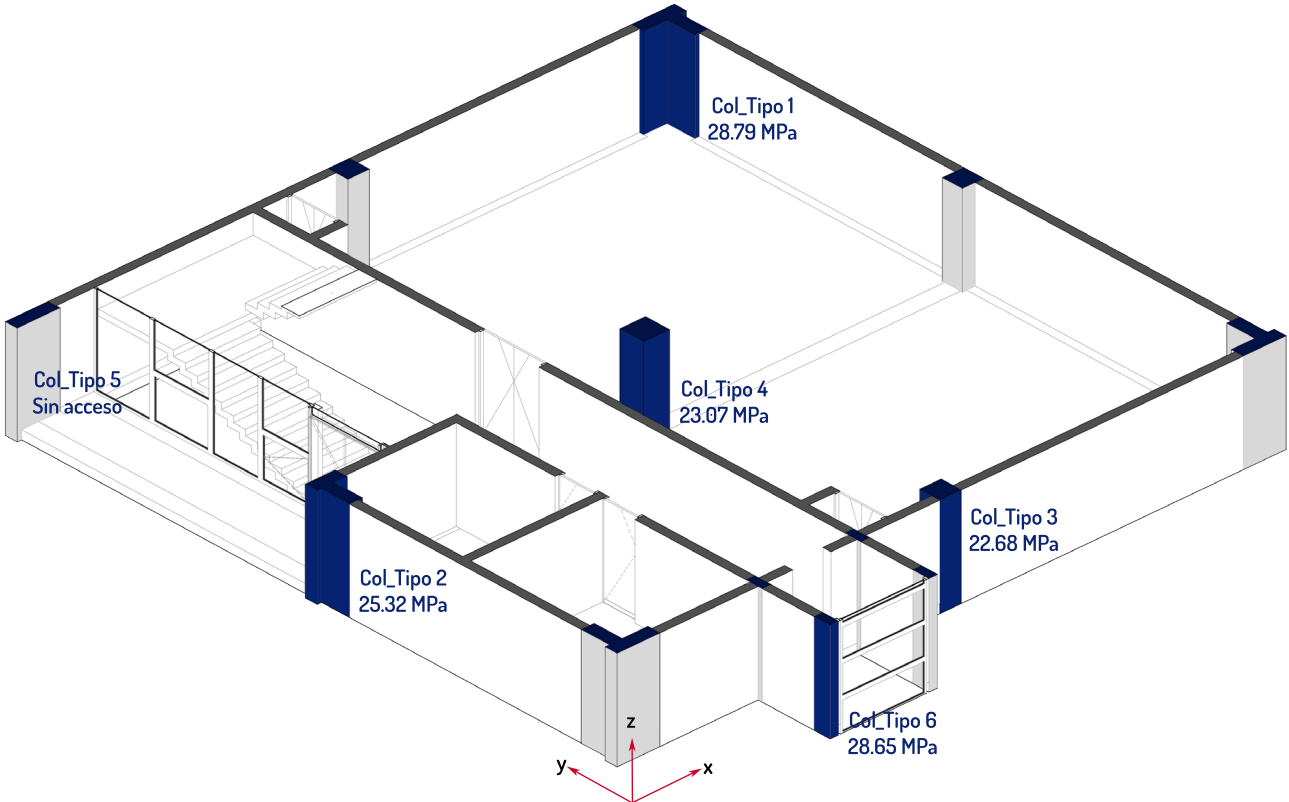
Figura 66: Gráfica de resultados obtenidos del ensayo de esclerómetro
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

- La resistencia a compresión final obtenida del promedio de las fórmulas antes descritas de todos los tipos de columnas es de 25.70 MPa.
- Del total de los cinco tipos de columnas ensayadas, el 100% se encuentra por encima del límite admitido de 21 MPa, (Figura 67). No existe acceso para realizar ensayo en la Col_Tipo 5.
- De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos se puede diagnosticar de manera cualitativa que la calidad del hormigón en las columnas varía entre buena y regular.

Como observación se sabe que los valores que presenta el esclerómetro SilverSchmidt son en base a una relación entre la resistencia externa del hormigón con su dureza de carácter experimental, sin embargo, se debe tomar en cuenta que solo caracteriza hasta 2-3 cm de profundidad causando afectación al valor si existen recubrimientos de acabados o la carbonatación del hormigón.

4.3.3 Ensayo de ultrasonido

La prueba de ultrasonido se realiza a cinco tipos de columnas, a cinco diferentes alturas distribuidas a lo largo del elemento a excepción de la columna tipo 6 que se dividió en 3 por la poca accesibilidad que se tenía. La medición de la velocidad de ultrasonido fue semidirecta y directa en las columnas.



100% de Columnas cumple con el límite mínimo admitido.

Figura 67: Perspectiva 3D esquemática de las columnas ensayadas que presentan los resultados obtenidos a partir del ensayo de esclerómetro
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

4.3.3.1 FICHAS DE ENSAYOS CON ULTRASONIDO

Informe de realización del método estándar para ensayo de ultrasonido									
Lugar	Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo							Fecha	17/8/2020
Columna	Forma	Material	Altura (m)	Dimensión (m)	Humedad	Temp. (°C)	Altura relativa (m)	Transmisión	Hora del ensayo
Tipo_1	L	H°A°	3.60	1.00x0x70x0.30	50.8%	20.1°	0.45-1.15-1.55-1.95-2.35	Semi-Directa	11:18 a. m.
DATOS OBTENIDOS									
t1	51	d1	0.17	v1	3330				
t2	44	d2	0.17	v2	3860				
t3	84.6	d3	0.17	v3	2010				
t4	50.8	d4	0.17	v4	3350				
t5	64.9	d5	0.17	v5	2620				
VELOCIDAD PROMEDIO CON LOS DATOS OBTENIDOS									
v1	v2	v3	v4	v5	vt				
3330	3860	2010	3350	2620	3034				
					[m/s]				
VELOCIDAD PROMEDIO _ MEDIANTE LA FÓRMULA V=L/t									
Tiempo_Promedio		Distancia			v' t				
59.06		0.17			2.88 [m/s]				
APLICACIÓN DE FÓRMULAS									
$f'_c = 15,533V - 34,358$									
vt		3.03	[m/s]	12.77		[MPa]			
$f'_c = 0,040 \times V^{4,75}$									
vt 1		3.03	[m/s]	7.79		[MPa]			
RESULTADO PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN									
vt		vt1		V total					
12.77		7.79		10.28		[MPa]			

Tabla 23: Ficha de estudio de ultrasonido _ Columna Tipo 1.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

Informe de realización del método estándar para ensayo de ultrasonido									
Lugar	Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo							Fecha	17/8/2020
Columna	Forma	Material	Altura (m)	Dimensión (m)	Humedad	Temp. (°C)	Altura relativa (m)	Transmisión	Hora del ensayo
Tipo_2	L	H°A°	3.60	0.70x0.70x0.30	51.1%	19.3°	0.68-1.16-1.55-1.98-2.37	Semi-Directa	11:36 a. m.
DATOS OBTENIDOS						APLICACIÓN DE FÓRMULAS			
t1	158.8	d1	0.36	v1	2290	$f'_c = 15,533V - 34,358$			
t2	118.9	d2	0.36	v2	3060				
t3	173.1	d3	0.36	v3	2100	vt	2.60	[m/s]	6.09 [MPa]
t4	158	d4	0.36	v4	2300	$f'_c = 0,040 \times V^{4,75}$			
t5	111.12	d5	0.36	v5	3270	vt 1	2.60	[m/s]	3.77 [MPa]
VELOCIDAD PROMEDIO CON LOS DATOS OBTENIDOS						RESULTADO PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN			
v1	v2	v3	v4	v5	vt	vt	vt1	V total	
2290	3060	2100	2300	3270	2604	6.09	3.77	4.93	[MPa]
					[m/s]				
VELOCIDAD PROMEDIO _ MEDIANTE LA FÓRMULA V=L/t									
Tiempo_Promedio		Distancia			v't				
143.98		0.36			2.5	[m/s]			

Tabla 24: Ficha de prueba de ultrasonido _ Columna Tipo 2.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

Informe de realización del método estándar para ensayo de ultrasonido									
Lugar	Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo							Fecha	17/8/2020
Columna	Forma	Material	Altura (m)	Dimensión (m)	Humedad	Temp. (°C)	Altura relativa (m)	Transmisión	Hora del ensayo
Tipo_3	Cuadrada	H°A°	3.60	0.50x0.50	50.6%	19.9°	0.55-1.05-1.50-1.90-2.34	Semi-Directa	11:03 a. m.
DATOS OBTENIDOS						APLICACIÓN DE FÓRMULAS			
t1	100.9	d1	0.34	v1	3370	$f'_c = 15,533V - 34,358$			
t2	112.5	d2	0.34	v2	3040				
t3	116.8	d3	0.34	v3	2930	vt	2.29	[m/s]	1.15 [MPa]
t4	327.6	d4	0.34	v4	1040	$f'_c = 0,040 \times V^{4,75}$			
t5	325.5	d5	0.34	v5	1050	vt 1	2.29	[m/s]	2.03 [MPa]
VELOCIDAD PROMEDIO CON LOS DATOS OBTENIDOS						RESULTADO PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN			
v1	v2	v3	v4	v5	vt	vt	vt1	V total	
3370	3040	2930	1040	1050	2286	1.15	2.03	1.59 [MPa]	
					[m/s]				
VELOCIDAD PROMEDIO _ MEDIANTE LA FÓRMULA V=L/t									
Tiempo_Promedio		Distancia			v't				
196.66		0.34			1.73	[m/s]			

Tabla 25: Ficha de ensayo de ultrasonido _ Columna Tipo 3.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).



Informe de realización del método estándar para ensayo de ultrasonido									
Lugar	Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo							Fecha	19/8/2020
Columna	Forma	Material	Altura (m)	Dimensión (m)	Humedad	Temp. (°C)	Altura relativa (m)	Transmisión	Hora del ensayo
Tipo_4	Cuadrada	H°A°	3.60	0.63x0.63	45.6%	17.9°	0.53-1.00-1.36-1.83-2.18	Semi-Directa	9:50 a. m.
DATOS OBTENIDOS					APLICACIÓN DE FÓRMULAS				
t1	125.4	d1	0.32	v1	$f'_c = 15,533V - 34,358$				
t2	134.3	d2	0.32	v2					
t3	138.1	d3	0.32	v3	vt	2.41	[m/s]	3.01	[MPa]
t4	135.4	d4	0.32	v4	$f'_c = 0,040 \times V^{4,75}$				
t5	132.1	d5	0.32	v5	vt 1	2.41	[m/s]	2.59	[MPa]
VELOCIDAD PROMEDIO CON LOS DATOS OBTENIDOS						RESULTADO PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN			
v1	v2	v3	v4	v5	vt	vt	vt1	V total	
2550	2380	2320	2360	2420	2406	3.01	2.59	2.80	[MPa]
					[m/s]				
VELOCIDAD PROMEDIO _ MEDIANTE LA FÓRMULA V=L/t									
Tiempo_Promedio		Distancia		v't					
133.06		0.32		2.41					

Tabla 26: Ficha de análisis de ultrasonido _ Columna Tipo 4.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

Informe de realización del método estándar para ensayo de ultrasonido									
Lugar	Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo							Fecha	19/8/2020
Columna	Forma	Material	Altura (m)	Dimensión (m)	Humedad	Temp. (°C)	Altura relativa (m)	Transmisión	Hora del ensayo
Tipo_6	Rectangular	H°A°	3.60	0.20x0.40	44.8%	22.9°		Directa	9:50 a. m.
DATOS OBTENIDOS									
t1	71.2	d1	0.26	v1	3580				
t2	65.8	d2	0.26	v2	3880				
t3	161.6	d3	0.26	v3	1580				
t4		d4		v4					
t5		d5		v5					
VELOCIDAD PROMEDIO CON LOS DATOS OBTENIDOS									
v1	v2	v3	v4	v5	vt				
3580	3880	1580	0	0	3013				
					[m/s]	3.01			
VELOCIDAD PROMEDIO _ MEDIANTE LA FÓRMULA V=L/t									
Tiempo_Promedio		Distancia		v't					
99.53		0.26		2.61		[m/s]			

APLICACIÓN DE FÓRMULAS				
$f'_c = 15,533V - 34,358$				
vt	3.01	[m/s]	12.45	[MPa]
$f'_c = 0,040 \times V^{4,75}$				
vt 1	3.01	[m/s]	7.54	[MPa]
RESULTADO PROMEDIO DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
vt	vt1	V total		
12.45	7.54	10.00	[MPa]	

Tabla 27: Ficha de prueba de ultrasonido _ Columna Tipo 6.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

4.3.2.2 Resultados

De los cinco tipos de columnas donde se realizaron los ensayos se obtuvo un total de 25 mediciones, en la tabla 28 se establece un promedio de las mediciones y en la tabla 29 se presenta la comparación y clasificación de acuerdo con la clasificación de Leslie y Cheesman.

Las fórmulas aplicadas para conseguir la resistencia a compresión dan valores de resistencia bajos comparados con los valores de esclerómetro.

Estos valores se toman a modo referencial dado que las circunstancias en las que se obtuvieron las ecuaciones son mediante ensayos experimentales en cubos extraídos de los elementos de prueba, mientras que las pruebas realizadas para la investigación se realizaron sobre la columna sin extracción de testigos.

Como resultado del ensayo se puede plantear:

- Los resultados de la resistencia a compresión se derivan de las fórmulas: $f_c(V) = 15,533V - 34,358$, con un R^2 de 0.92 y la fórmula $f_c = 0,040 \times V^{4,75}$ con un R^2 de 0.91.
Donde:
 f_c = Resistencia a compresión
 V = Velocidad de ultrasonido

RESULTADOS ENSAYO DE ULTRASONIDO					
Columna	Resistencia a la Comp.		Resistencia a la Comp.		Promedio
C_TIPO 1 - vt	12,77	[MPa]	130,21	[kgf/cm²]	10,28 [MPa]
C_TIPO 1 - vt1	7,79		79,45		
C_TIPO 2 - vt	6,09	[MPa]	62,10	[kgf/cm²]	4,93 [MPa]
C_TIPO 2 - vt1	3,77		38,44		
C_TIPO 3 - vt	1,15	[MPa]	11,73	[kgf/cm²]	1,59 [MPa]
C_TIPO 3 - vt1	2,03		20,71		
C_TIPO 4 - vt	3,01	[MPa]	30,74	[kgf/cm²]	2,80 [MPa]
C_TIPO 4 - vt1	2,59		26,41		
C_TIPO 6 - vt	12,45	[MPa]	126,94	[kgf/cm²]	10,00 [MPa]
C_TIPO 6 - vt1	7,54		76,92		
Promedio total _ f'c				5,92	[MPa]

Tabla 28: Resultados obtenidos del ensayo de ultrasonido.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

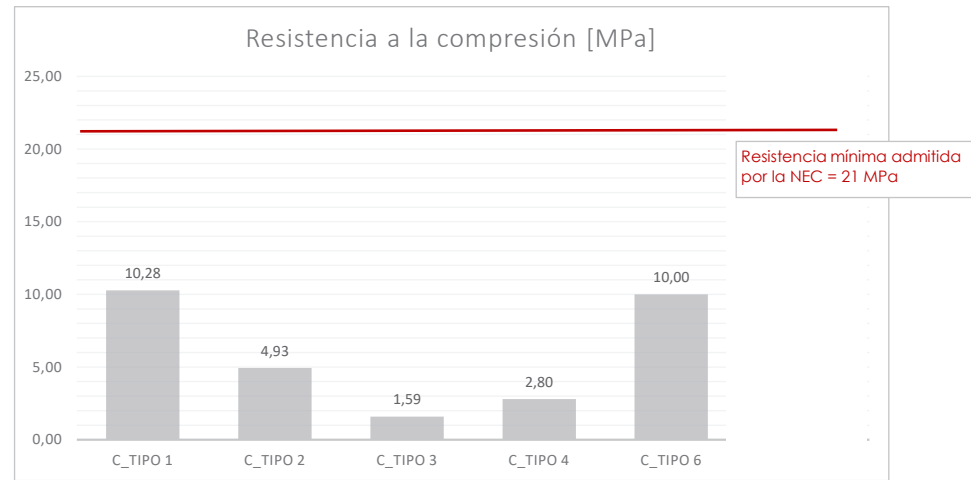


Figura 68 : Gráfica de resultados obtenidos del ensayo de ultrasonido
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

- Al establecer como límite mínimo de cumplimiento la resistencia de 21 MPa recomendada por la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Hormigón Armado”, se observa que todas las columnas ensayadas no cumplen. (Figuras 68, 69).
- Los valores de resistencia a compresión obtenidos mediante los ensayos de ultrasonido se encuentran entre 1.59 MPa y 10.28 MPa.
- Similar al análisis de esclerómetro en la columna tipo tres se encuentran los valores más bajos de la medición con una velocidad de ultrasonido de 2286 m/s, dando como resultado una resistencia a compresión de 1.59 MPa.
- El valor de la resistencia a compresión final obtenido del promedio de las columnas ensayadas es de 5.92 MPa.
- De acuerdo con el análisis de clasificación de Leslie y Cheesman en la tabla 29 se diagnostica que la calidad del hormigón en las columnas es pobre.

Al comparar los resultados obtenidos del ensayo de ultrasonido con los del ensayo de esclerómetro, se determina que no existe una uniformidad en los resultados, esto se debe a la influencia de factores como (ensayo de ultrasonido): la dirección de los transductores, presencia de armadura y el enlucido de las superficies.

RESULTADOS CUALITATIVOS ENSAYO DE ULTRASONIDO		
Columna	Velocidad	Clasificación del hormigón
C_TIPO 1	3034	Pobre
C_TIPO 2	2604	Pobre
C_TIPO 3	2286	Pobre
C_TIPO 4	2406	Pobre
C_TIPO 6	3013	Pobre
Promedio	2669	Pobre

Tabla 29: Resultados obtenidos del ensayo de ultrasonido – Clasificación cualitativa.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

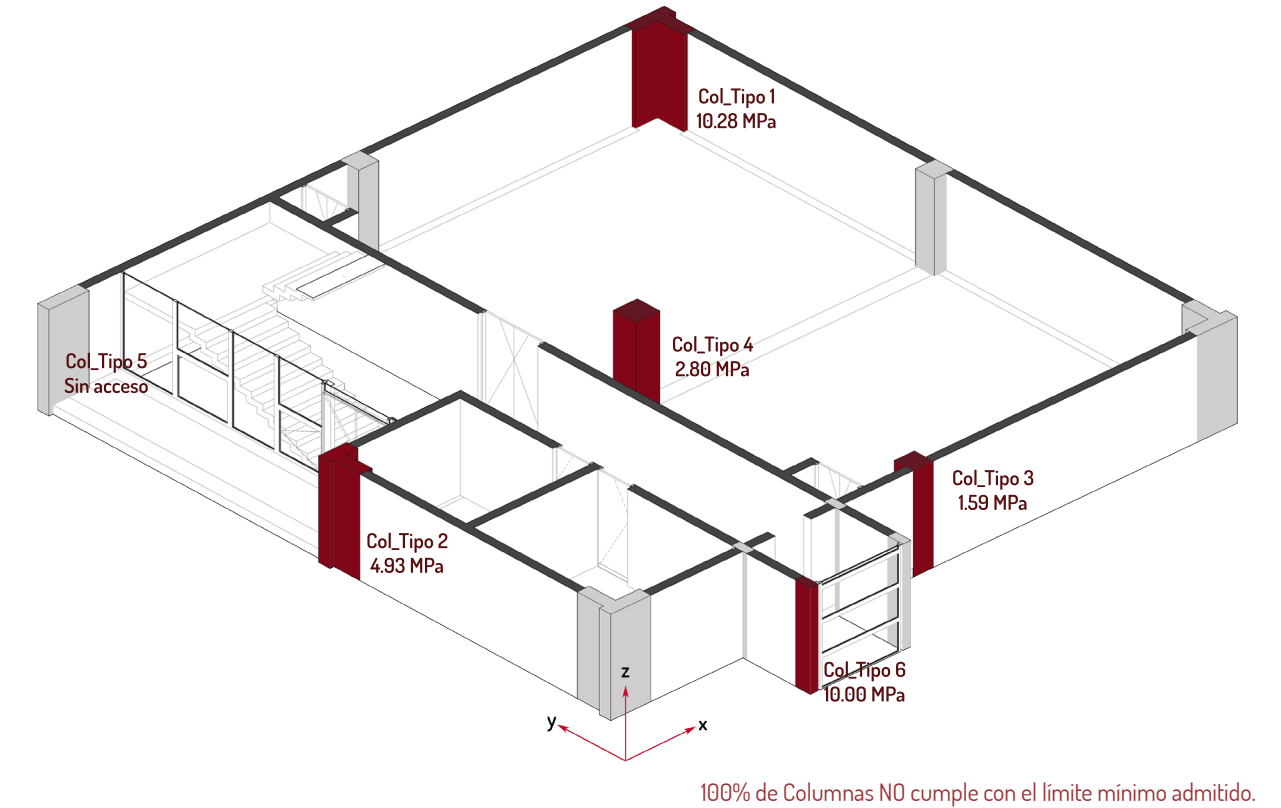


Figura 69: Perspectiva 3D esquemática de las columnas ensayadas que presentan los resultados obtenidos a partir del ensayo de ultrasonido
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

4.3.4 Especificación de la Resistencia a compresión a través del análisis del método combinado

El método combinado es una técnica donde los resultados de los análisis obtenidos de los ensayos mejoran su fiabilidad y precisión al combinar métodos. Para la estimación de la resistencia a compresión se seleccionan las ecuaciones que unan los ensayos de esclerómetro y ultrasonido.

Las ecuaciones seleccionadas para la combinación de métodos son las relacionadas al método SONREB:

- $f_c = (3,7 \times 10^{-7}) \times (S^{1,127}) \times (V^{1,690})$
Donde:
S= Índice de rebote
V= Velocidad de ultrasonido
- $f_c = 0.93RN^{0.63} \times e^{(0.31 \times V)}$
Donde:
RN= Índice de rebote
V= Velocidad de ultrasonido

Mediante la aplicación de las fórmulas se determinó los valores de resistencia estimada de compresión para los cinco tipos de columnas analizadas (Tabla 30). para en lo posterior sacar un promedio final del conjunto de valores obtenidos.

Como resultado de la aplicación del método combina-

VALORES DE LA RESISTENCIA ESTIMADA DEL HORMIGÓN						
	Unidades	C_Tipo1	C_Tipo2	C_Tipo3	C_Tipo4	C_Tipo6
Índice de rebote	-	45.59	42.64	40.11	40.5	45.57
Velocidad de ultrasonido	-	3034	2604	2286	2406	3013
$f'_{c1} = (3,7 \times 10^{-7}) \times (S^{1,127}) \times (V^{1,690})$	[MPa]	21.00	15.04	11.27	12.42	20.75
$f'_{c2} = 0.93RN^{0.63} \times e^{(0.31 \times V)}$	[MPa]	26.39	22.15	19.30	20.21	26.22
Promedio de ecuaciones	[MPa]	23.70	18.59	15.28	16.32	23.49
Promedio final	[MPa]	19.48				

Tabla 30: Resistencia estimada del hormigón, mediante el método combinado.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

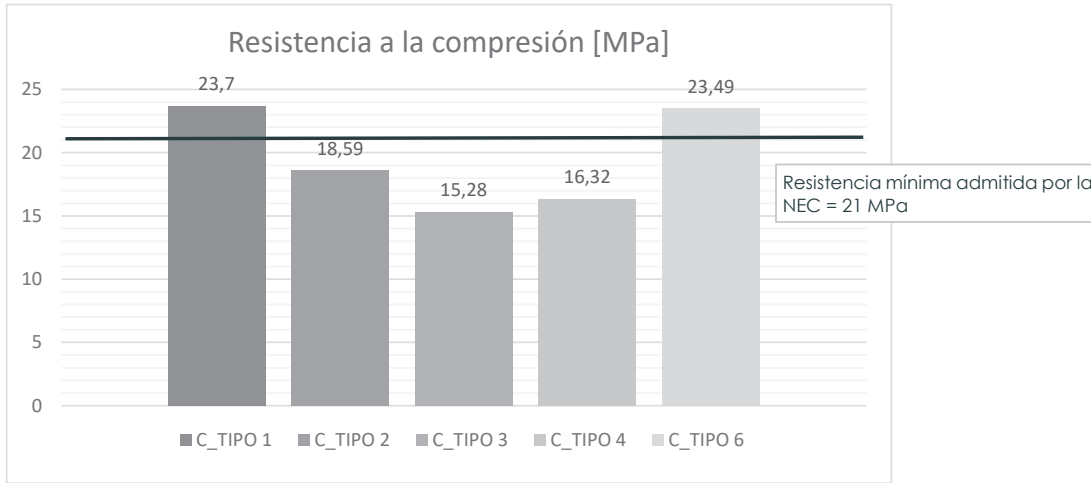


Figura 70: Gráfica de la resistencia estimada del hormigón, mediante el método combinado.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

do, se plantea:

- Al establecer como límite mínimo de cumplimiento la resistencia de 21 MPa recomendada por la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Hormigón Armado”, se observa que apenas dos de las cinco columnas ensayadas cumplen con la resistencia. (Figuras 70, 71).
- Los valores de resistencia a compresión obtenidos mediante el método combinado se encuentran entre 15.28 MPa y 23.70 MPa.
- Similar al análisis de esclerómetro y ultrasonido en la columna tipo tres se encuentran los valores más bajos de la medición, dando como resultado una resistencia a compresión de 15.28 MPa.
- El valor de la resistencia a compresión final obtenido del promedio de las columnas ensayadas es de 19.48 MPa.
- La resistencia final obtenida No cumple con mínimo admitido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Hormigón Armado”

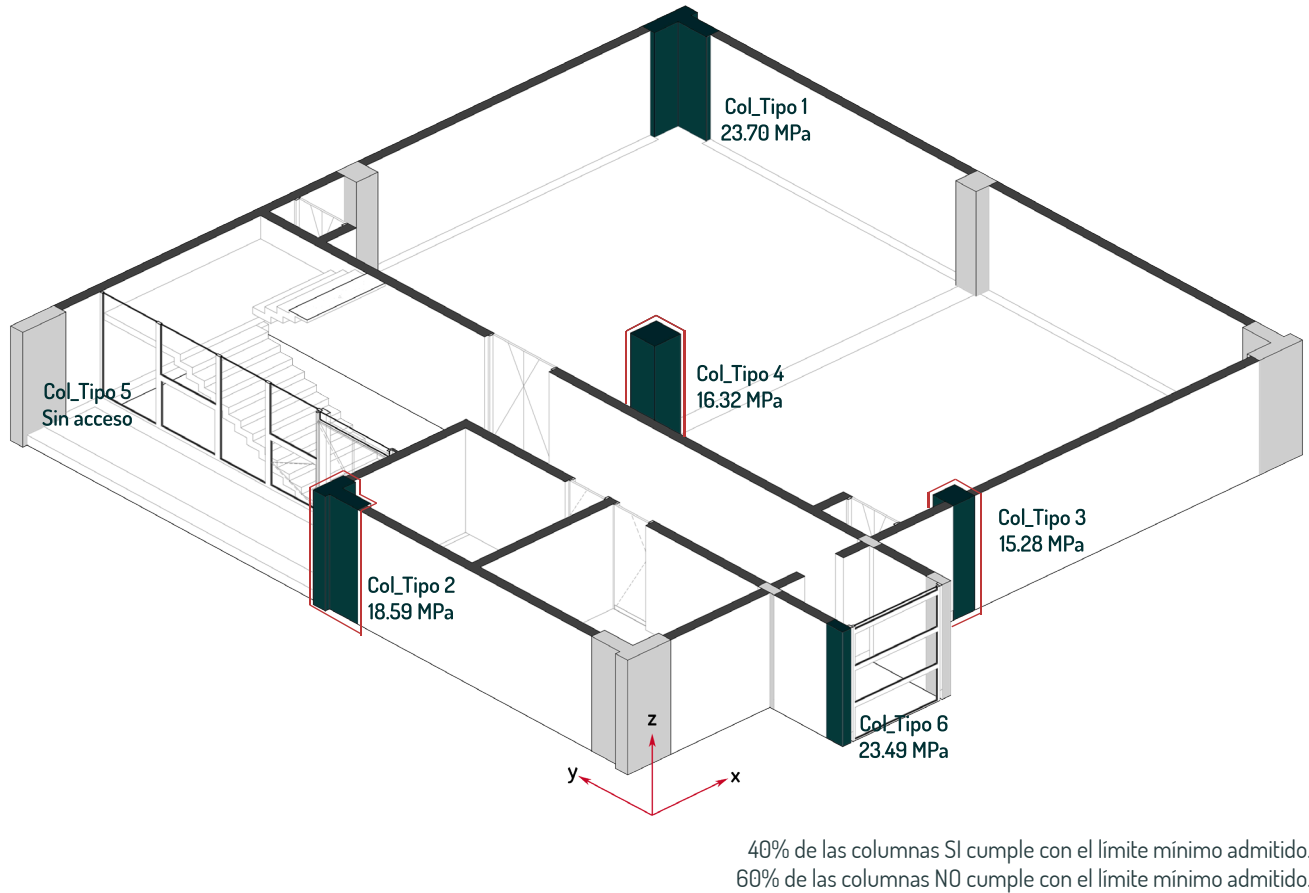


Figura 71: Perspectiva 3D esquemática de las columnas ensayadas que presentan los resultados obtenidos a partir del método combinado
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

4.3.5 Obtención de la resistencia a compresión final

En la tabla 31 se recopilan los datos finales de las fichas correspondientes a los ensayos realizados, además se establecen los coeficientes de correlación de las fórmulas utilizadas, los cuales son superiores al 90% de fiabilidad.

Para conseguir el promedio final de la resistencia a compresión del edificio, los datos que se utilizan son los promediados de cada ensayo realizado, como lo son el índice de rebote del ensayo de esclerómetro y la velocidad de ultrasonido del ensayo de ultrasonido. (Figura 72).

Al obtener los resultados de cada fórmula, ya sea del ensayo de esclerómetro, ensayo de ultrasonido o del método combinado, se identifica que los valores del ensayo de ultrasonido distan en exceso de la resistencia mínima admitida por la NEC. Así pues, al no presentar una uniformidad deseada en estos resultados se decide descartar los valores del ensayo de ultrasonido y trabajar con los restantes. (Figura 72).

Así pues, los datos promediados son los que pertenecen al ensayo de esclerómetro y al método combinado, dado que estos valores se encuentran próximos y no distan demasiado en comparación con el ensayo de ultrasonido.

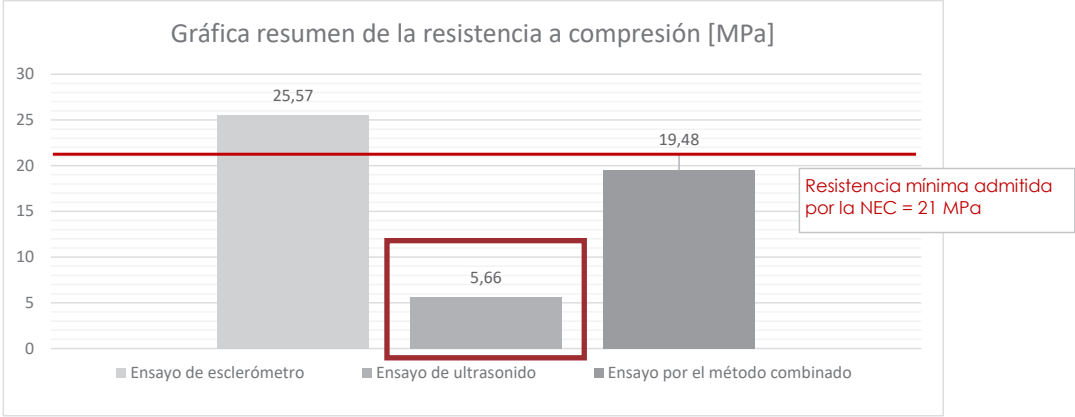


Figura 72: Gráfica resumen de la resistencia a hormigón con los valores finales de los ensayos y del método combinado. Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

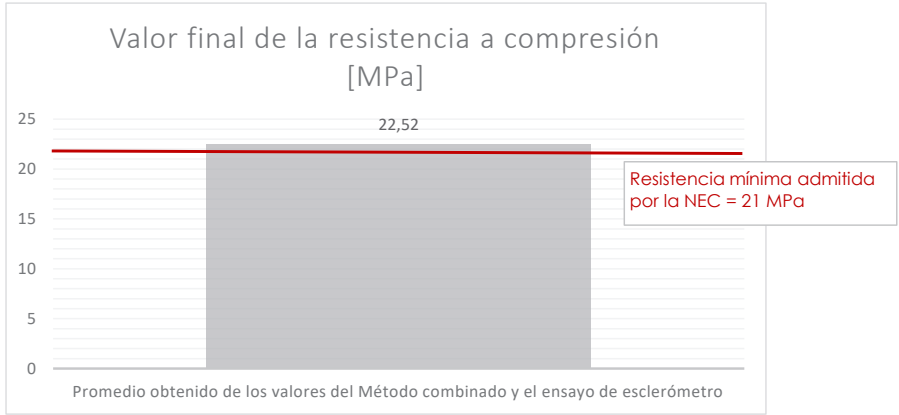


Figura 73: Gráfica del valor final de la resistencia a hormigón cuyo valor se encuentra por encima del mínimo admitido por la NEC. Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

TABLA RESUMEN - ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS									
Ensayo	Bibliografía	Fórmula	R²	R (Número de rebote)	Resultado	Unidad	Promedio	Unidad	
Esclerómetro	Proceq. (2016)	f'c= 2,77e0,048Q	0.90	42.88	21.69	[MPa]	25.57	[MPa]	
Esclerómetro	Dalibor Kocáb, Petr Misák and Petr Cikrle	fc = 0.0108Q² + 0.2236Q	0.922	42.88	29.44	[MPa]			
Ensayo	Bibliografía	Fórmula		V (Velocidad de pulso)	Resultado	Unidad	Promedio	Unidad	
Ultrasonido	Shariati, M., Ramli-Sulong, N. H., Mohammad Mehdi Arabnejad, K. H., Shafigh, P., & Sinaei, H. (2011).	f'c(V)= 15,533V - 34,358	0.919	2.668	7.08	[MPa]	5.66	[MPa]	
Ultrasonido	Karatosun, S., Asan, M., & Gunes, O. (2019).	f'c = 0,040xV^4,75	0.906	2.668	4.23	[MPa]			
Método combinado	Bibliografía	Fórmula		V	R	Resultado	Unidad	Promedio	Unidad
Correlación de END	Porras Navarro, C. A., Aguilar Balbuena, M., & Puig Martínez, R. (2019).	f'c= (3,7x10-7)x(S^1,127)x(V^1,690)	-	2669	42.88	16.10	[MPa]	19.475	[MPa]
Correlación de END	Porras Navarro, C. A., Aguilar Balbuena, M., & Puig Martínez, R. (2019)	f'c= 0.93RN^0.63 *e^(0.31*V)	-	2.668	42.88	22.85	[MPa]		
Promedio final - Met. Combinado + Ens. De esclerómetro							22.52	[MPa]	

Tabla 31: Promedio final obtenido de los análisis no destructivos más el método combinado. Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

Finalmente, el valor de resistencia a compresión del edificio es de 22.52 MPa. (Figura 73). Este valor es de suma importancia dado que más adelante será utilizado para el cálculo del módulo de elasticidad, dato que participará en el análisis sísmico del edificio.

El valor de resistencia de 22.56 MPa nos permite calificar de alguna manera la estructura del edificio de Postgrados, de este modo, podemos concluir que los elementos estructurales “columnas” poseen una

buena calidad del hormigón. Esto se debe a que la resistencia promedio que presenta el edificio se encuentra por encima del mínimo “f’c” (Resistencia a compresión) recomendado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Hormigón Armado”.

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO E IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS SEGURAS

05

MODELADO DE LA ESTRUCTURA
EXPORTACIÓN DEL MODELO
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE
POSTGRADOS
DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD
IDENTIFICACIÓN DE LAS ZONAS DE ME-
NOR RIESGO

5.1 MODELADO DE LA ESTRUCTURA

En este capítulo a partir de la información recopilada se desarrolla un modelo matemático para el análisis tridimensional de la estructura porticada del edificio de Postgrados empleando el software Matlab-Stabil.

Esta herramienta a través de su interfaz gráfica permite modelar, analizar y obtener el diseño estructural de edificios a través de la aplicación del procedimiento de los elementos finitos (MEF).

La generación del modelo estructural se basa en la información contenida en las memorias de cálculo, planos estructurales y arquitectónicos.

5.1.1 Caracterización estructural del edificio

En el diseño estructural del edificio intervienen los siguientes componentes estructurales:

1. Zapatas aisladas
2. Cimentación corrida para muros de contención
3. Muros de contención
4. Columnas
5. Vigas principales y secundarias
6. Losas aligeradas

Todos estos elementos estructurales de hormigón armado se complementan con el confinamiento de tabiques de mampostería de ladrillo artesanal.

En las tablas 32, 33 y 34 se presentan las dimensiones de todos estos elementos estructurales, estos datos en análisis posteriores serán introducidos en el software para el análisis sísmico de la edificación.

5.1.2. Propiedad de las secciones – Inercia

“El principio de la inercia se refiere al estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme de un cuerpo en ausencia de fuerzas que actúan sobre él” (Álvarez G, 2002).

Los valores de inercia se determinan en los sistemas de coordenadas “x” “y” “z”, mediante el uso de la aplicación de fórmulas sobre las secciones de vigas y columnas antes definidas (Tabla 35). Estos valores se utilizarán dentro del análisis del modelo.

CUADRO DE LOSAS Y MUROS			
Elemento	Espesor (m)	Nivel	Gráfico
Losa tipo 1	0.25	N= ± 0,00	
		N= +3,60	
		N= +7,20	
		N= +10,80	
Losa tipo 2	0.30	N= +14,00	
Muro de contención (Sótano)	0.25	N= -3,60	
Muro de contención (Ascensor)	0.25	N= -3,60	
		N= ± 0,00	
		N= +3,60	
		N= +7,20	
		N= +10,80	

Tabla 34: Información del elemento estructural _ Losas y muros.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

Inercia	
Inercia Eje y-y	
$I_y = \frac{bh^3}{12}$	
Inercia Eje x-x	
$I_x = \frac{bh^3}{12}$	
Inercia Eje z-z	
$I_z = I_y + I_x$	

Tabla 35: Propiedad de la sección _ Inercia.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

CUADRO DE COLUMNAS					
Columna Tipo	Forma	Dimensión (m)	Ubicación - Ejes	Nivel	Gráfico
Columna Tipo 1	L	1,00x1,00x0,30	1A - 1E - 5E	N= ± 0,00	
				N= +3,60	
				N= +7,20	
				N= +10,80	
Columna Tipo 2	L	0,70x0,70x0,30	3A	N= -3,60	
				N= ± 0,00	
				N= +3,60	
				N= +7,20	
Columna Tipo 3	Cuadrada	0,50x0,50	1D - 3E - 5D	N= -3,60	
				N= ± 0,00	
				N= +3,60	
				N= +7,20	
Columna Tipo 4	Cuadrada	0,60x0,60	3D	N= -3,60	
				N= ± 0,00	
				N= +3,60	
				N= +7,20	
Columna Tipo 5	Rectangular	1,00x0,30	5A	N= -3,60	
				N= ± 0,00	
				N= +3,60	
				N= +7,20	
Columna Tipo 6	Rectangular	0,20x0,40	1'B - 1'C - 1B - 1C	N= -3,60	
				N= ± 0,00	
				N= +3,60	
				N= +7,20	
Columna Tipo 7	Rectangular	0,50x0,30	1A - 1E - 5A - 5E	N= -3,60	
				N= ± 0,00	
				N= +3,60	
				N= +7,20	

Tabla 32: Información del elemento estructural _ Columnas.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

CUADRO DE VIGAS				
Columna Tipo	Forma	Dimensión (m)	Nivel	Gráfico
Viga Tipo 1	Rectangular	0,40x0,45	N= +3,60	
			N= +7,20	
			N= +10,80	
Viga Tipo 2	Rectangular	0,35x0,45	N= +3,60	
			N= +7,20	
			N= +10,80	
Viga Tipo 3	Rectangular	0,30x0,45	N= +3,60	
			N= +7,20	
			N= +10,80	
Viga Tipo 4	Rectangular	0,20x0,25	N= ± 0,00	
			N= +3,60	
			N= +7,20	
			N= +10,80	
Viga Tipo 5	Rectangular	0,10x0,25	N= ± 0,00	
			N= +3,60	
			N= +7,20	
			N= +10,80	
Viga Tipo 6	Rectangular	0,55x0,30	N= +14,00	
			Cubierta	
Viga Tipo 7	Rectangular	0,20x0,30	N= +14,00	
			Cubierta	
Viga Tipo 8	Rectangular	0,40x0,50	N= ± 0,00	
Viga Tipo 9	Rectangular	0,40x0,26	N= ± 0,00	

Tabla 33: Información del elemento estructural _ Vigas.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

5.1.3 Modelación de la geometría

Para generar la geometría del edificio primero se debe diferenciar los elementos estructurales, el software SAP2000 es un sistema que distingue diversos tipos de entidades como lo son: nodos especiales, barras, vínculos no lineales, elementos finitos planos y finitos sólidos, convirtiéndose en un programa con interfaz gráfica 3D que nos permite visualizar un modelo físico y analítico e incluso generar plantas y alzados para un mejor entendimiento de los componentes modelados (CSI SPAIN, 2019).

En el proceso de modelar la estructura antes de adentrarnos en el programa realizamos una plantilla del modelo en Archicad mediante las entidades de dibujo: columna, viga, losa y paredes (Figura 74). Después de haber alzado la estructura principal todo el archivo se importa al SAP2000 donde se realizará la discretización del modelo.

Una vez importado el modelo al SAP2000 en la pantalla de inicio encontramos mesas de trabajo en 2D y 3D (Figura 75), donde en primera instancia realizaremos una malla con ejes que nos permitirán ubicar todos los elementos que conforman la edificación.

Todas las entidades que en el software Archicad se dividían en columnas, vigas, losas y paredes en el

SAP2000 se dividen en dos tipos: los componentes lineales son tipo frame y los componentes de área son tipo Shell.

Para obtener mayor precisión de cálculo en Matlab al modelo creado en SAP2000 se procede a realizar un mallado y subdivisión de los elementos, en este caso a las partes de área que cumplen la función de paredes hemos subdividido en módulos de 20x42, el tipo losa en 42x42 y finalmente las secciones lineales como vigas y columnas se adaptan a las divisiones de paredes y losa (Figuras 76, 77, 78).

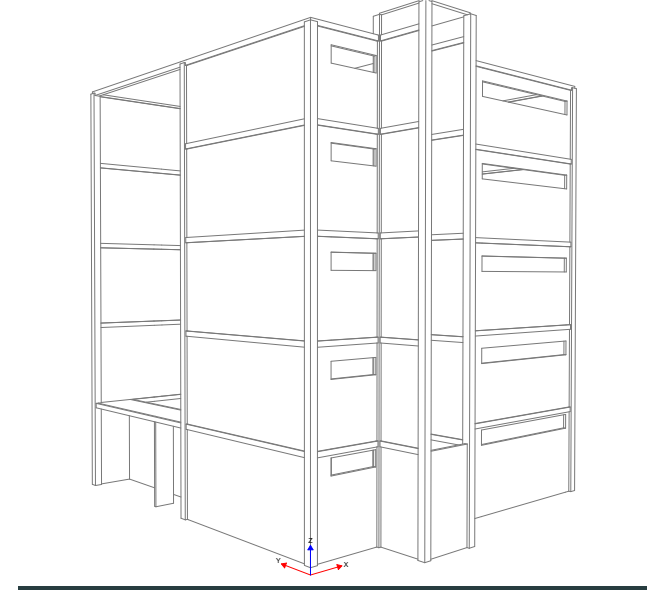


Figura 74: Plantilla de la estructura realizada en Archicad.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

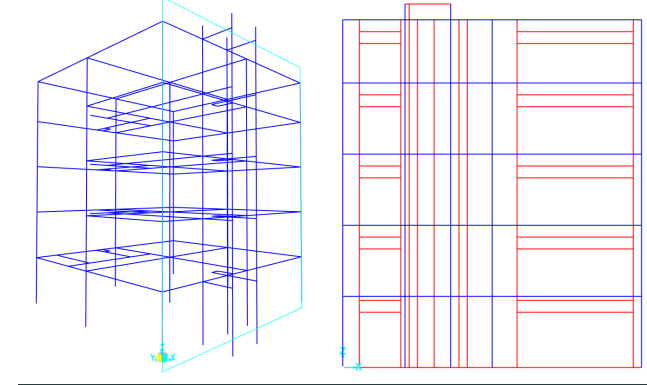


Figura 75: Modelo Archicad exportado al programa Sap2000 – Mesas de trabajo 2D-3D.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

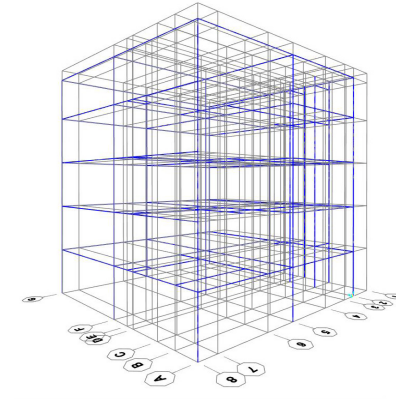


Figura 76: Gráfico de secciones vigas y columnas. Tipo Beam.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

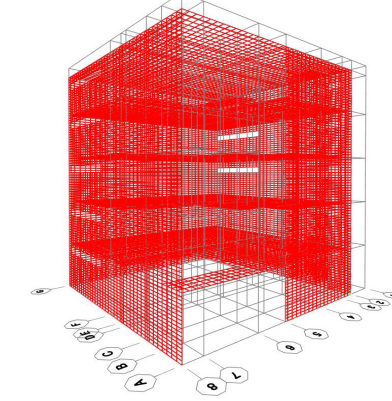


Figura 77: Gráfico de componentes de mampostería y losa. Tipo Shell.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

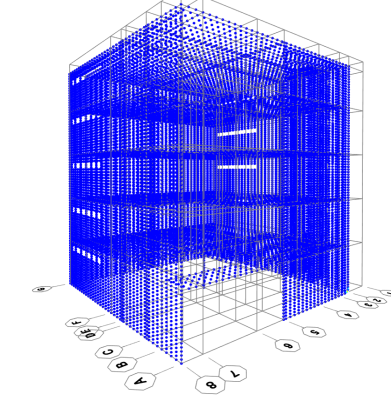


Figura 78: Gráfico de nodos.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

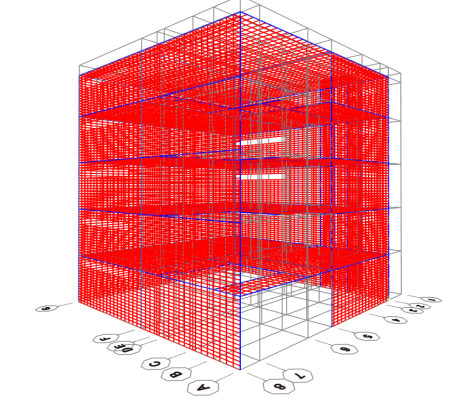


Figura 79: Modelo final discretizado del edificio de Postgrados.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

5.1.4 Plantas y alzados – Modelado en SAP2000

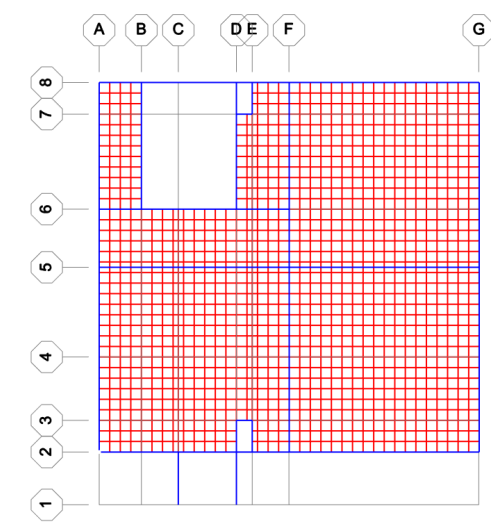


Figura 80: Planta Baja Discretizada _ N=+-0.00.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

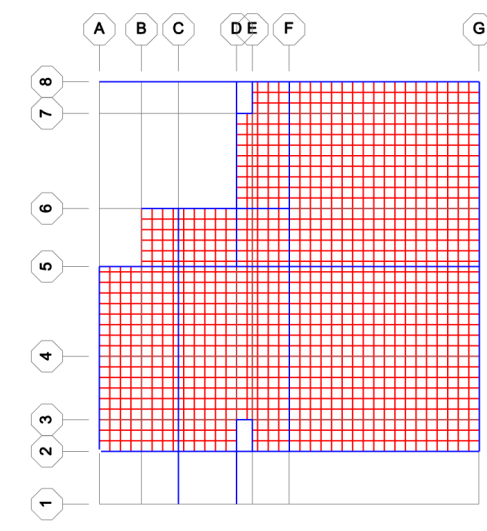


Figura 81: Planta Alta Discretizada _ N=+3.60, +7.20, +10.80.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

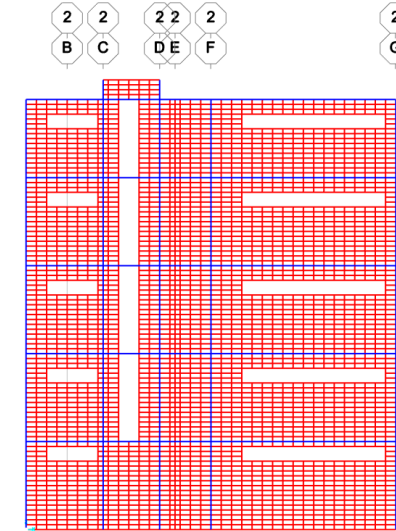


Figura 82: Elevación Lateral Derecha _ Discretizada.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

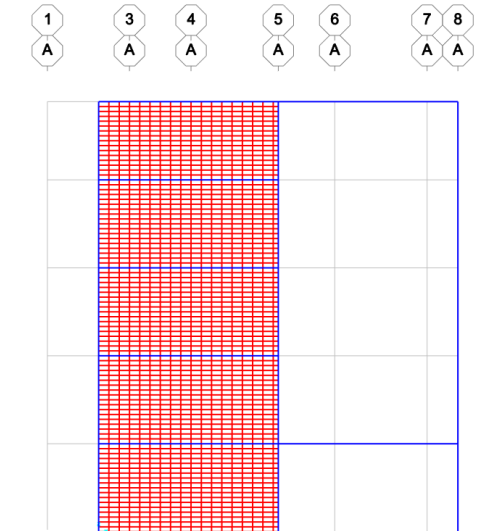


Figura 83: Elevación Frontal _ Discretizada.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

5.2 EXPORTACIÓN DEL MODELO

5.2.1 Exportación del modelo

Para el análisis del comportamiento estructural del edificio de Postgrados se utilizó el Software Matlab con el uso de la herramienta Stabil, la cual nos permite ingresar las características geométricas y mecánicas de los materiales de construcción y trabajar con matrices de masa y rigidez, las cuales una vez enlazadas permitirán la obtención de los desplazamientos en los nodos de cada elemento.

De esta forma, al tener conocimiento de los desplazamientos se puede establecer de manera aproximada las deformaciones dentro del elemento. El modelo de análisis se genera en el software Matlab a partir de las tablas obtenidas en el programa SAP2000 donde procedemos a exportar las siguientes:

5.2.1.1 Nodos

Una de las tablas generadas en Excel posee las coordenadas de cada uno de los nodos, los cuales constituirán los vértices de los elementos discretizados del edificio (Tabla 36).

5.2.1.2 Elementos (Shell y Beam)

Las siguientes tablas para exportar son las que contienen información de los elementos, las cuales en

Excel se complementarán con los valores de las propiedades y características como: la sección y el material del elemento. Estos se dividen en dos tipos, las Beam (vigas y columnas) y Shell (paredes y losas). (Tablas 37, 38).

5.2.2 Características de los materiales

En el modelo creado para el análisis se tiene en cuenta los materiales presentes en los elementos que conforman la edificación. En los que se destacan:

- Hormigón armado para vigas, columnas, muros de contención y losas de entrepiso.
- Ladrillo panelón para las paredes confinadas.

Estos materiales poseen propiedades que influyen en su capacidad de transmitir y resistir fuerzas o deformaciones. Las propiedades que resaltan para el siguiente análisis son:

5.2.2.1 Resistencia a la compresión (f'_c)

La resistencia a compresión se determina en el capítulo 4 a través de los diferentes ensayos realizados en las columnas del edificio de Postgrados, el valor final obtenido del promedio es de **22.56 MPa** el cual más adelante se utilizará para determinar el módulo de elasticidad.

NODOS			
# Nudo	x	y	z
1	0	0	0
2	0	0	17,6
3	3,15	0	0
4	3,15	0	18,4
5	5,46	0	0
6	5,46	0	18,4
7	7,56	0	0
8	7,56	0	17,6
9	15,12	0	0
10	15,12	0	17,6

Tabla 36: Tablas con coordenadas para ubicación de los Nodos.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA (SHELL)						
# Elemento	Tipo	Sección	Material	N1	N2	N3
166	2	19	1	32	857	1754
167	2	19	1	14082	1754	1755
172	2	19	1	14083	1755	1756
173	2	19	1	14084	1756	1757
174	2	19	1	14085	1757	1758
175	2	19	1	14086	1758	1759
176	2	19	1	14087	1759	1760
177	2	19	1	14088	1760	1761
178	2	19	1	14089	1761	1762
179	2	19	1	14090	1762	1763

Tabla 37: Elementos de mampostería _ tipo Shell
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

Elementos Vigas y Columnas (Beam)						
# Elemento	TIPO	SECCION	MATERIAL	N1	N2	Nodo Referencial
1	1	9	2	43	15808	19
2	1	9	2	15808	15720	19
3	1	9	2	15720	57	19
4	1	9	2	57	1608	19
5	1	9	2	1608	1595	19
6	1	9	2	1595	1583	19
7	1	9	2	1583	44	19
8	1	9	2	42	17102	19
9	1	9	2	17102	43	19
10	1	9	2	41	64	19

Tabla 38: Elementos de vigas y columnas _ tipo Beam
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

5.2.2.2 Módulo de elasticidad (E)

La deformación de los sólidos se explica en términos de los principios de esfuerzo y deformación, debido a que el resultado de un esfuerzo es una deformación. Se sabe que en esfuerzos suficientemente pequeños el esfuerzo es proporcional a la deformación. Para esto, la constante de proporcionalidad depende del material que se deforma y de la naturaleza de la deformación. A esta constante de proporcionalidad se le denominará módulo elástico (Montaño, 2017).

El módulo de elasticidad del hormigón se determina mediante la fórmula descrita en la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Hormigón Armado”, la cual está en función de la resistencia a compresión del material (Tabla 39).

Para determinar el módulo de elasticidad de la mampostería, nos referimos al trabajo realizado por García (2017), el cual presenta valores del módulo para mampostería conformada por ladrillo hueco y macizo en la Ciudad de Cuenca. Como sabemos el edificio de Postgrados se constituye por ladrillo panelón por lo que el valor de interés es de 2777 MPa. (Tabla 39).

5.2.2.3 Coeficiente de Poisson (μ)

El coeficiente de Poisson (μ) es un parámetro carac-

terístico de cada material que indica la relación entre la deformación transversal y la deformación en la dirección de la carga axial aplicada, cuyos valores se hallan en un rango entre 0 y 0.5.

Se considera además, que el coeficiente de Poisson es menor para hormigones de alta resistencia (Llopiz, 2009). De este modo, para el presente análisis se estima un valor constante en el hormigón de μ de 0.25, la interpretación en el hormigón es que, se deforma un 25% transversalmente con respecto a lo que se deforma longitudinalmente.

Mientras que para la mampostería se determina un valor de μ de 0.22.

5.2.2.4 Densidad del material (ρ)

La densidad es la relación de la masa del hormigón y el volumen ocupado. El valor de densidad (ρ) utilizado para el análisis es tomando de la ACI-318, donde se determina para el concreto una densidad entre 145-150 lb/pie³. Este último valor es el que se utilizará, donde transformado y redondeado a una unidad más conocida se obtiene un valor 2400 kg/m³.

El valor de la densidad (ρ) de ladrillo macizo se toma del trabajo de García (2017), donde la densidad es de 1800 kg/m³.

MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN		
$E_C=4.7 \times \sqrt{f'_c}$		
Ec = Módulo de elasticidad del hormigón [GPa]		
f'c = Resistencia a la compresión [MPa]		
f'c	22.59	[MPa]
Ec	20.30	[GPa]
Ec	20300	[MPa]
MÓDULO DE ELASTICIDAD DE MAMPOSTERÍA		
Ladrillo hueco	727	[MPa]
Ladrillo panelón	2777	[MPa]

Tabla 39: Cálculo del módulo de elasticidad.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

5.2.2.5 Tabla resumen de las características de los materiales

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES				
	Propiedad	Simbología	Valor	Unidad
Hormigón	Resistencia a la compresión	f'c	22.59	[MPa]
	Módulo de elasticidad	E	22300	[kg/m²]
	Coeficiente de Poisson	μ	0.25	-
	Densidad del material	Rho H	2400	[kg/m³]
Mampostería	Módulo de elasticidad	E	2777	[kg/m²]
	Coeficiente de Poisson	μ	0.2	-
	Densidad del material	Rh_2	1800	[kg/m³]

Tabla 40: Características de los materiales utilizadas para el análisis.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

5.2.3 Modelación de cargas

Para el análisis del edificio se procede a identificar las cargas que se ejercen sobre los elementos estructurales que integran la construcción, es decir, las cargas vivas y cargas muertas que en ella actúan durante la vida útil del edificio.

Las cargas utilizadas son:

5.2.3.1 Carga muerta o permanente

Para el análisis se considera como carga muerta a los pesos de todos los elementos estructurales que actúan de manera permanente sobre la estructura. Dentro de esta carga se incluyen elementos tales como: muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, mecánicas y todo artefacto integrado (NEC–SE–CG, 2015).

Las cargas de peso propio que se consideran para el análisis están constituidas por el peso de la estructura y cualquier tipo de material unido y soportado permanentemente por ella. Las cargas de los elementos estructurales considerados en el modelo matemático serán incorporadas dentro del programa para el análisis. En la tabla 41 se muestra la carga de elementos que son parte de los acabados.

5.2.3.2 Carga viva

La carga viva también llamada sobrecargas de uso, depende de la ocupación a la que está destinada la edificación y se conforma por el peso de personas, muebles, accesorios móviles o temporales etc., (NEC–SE–CG, 2015). Para determinar las cargas a ser asignadas en el modelo matemático se identifican las cargas permanentes y sobrecargas que actuarán sobre las edificaciones que se detalla en la tabla 42, que está de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Cargas no Sísmicas”. El valor de interés es de 200 kgf/m² a causa de que el uso ocupacional en su mayoría son aulas.

5.2.3.3 Combinación de cargas

Debido a que todas las cargas no actúan simultáneamente, la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Cargas no Sísmicas”, especifica varias combinaciones de cargas que actúan permanentemente sobre la estructura. A continuación presentamos la combinación utilizada para el análisis (Tabla 43).

El valor de carga última calculado representa la carga distribuida sobre una superficie, este valor para poder ingresar al análisis del edificio se transformará a densidad al multiplicar por el espesor de la superficie sobre la que se distribuye (Tabla 44).

CÁLCULO DE CARGA MUERTA		
Descripción	Valor	Unidad
Cielo Raso		
Canales suspendidos de acero	10	[kgf/m ²]
Tablero de yeso	80	[kgf/m ²]
Pisos y acabados		
Acabado de piso en concreto	20	[kgf/m ²]
Instalaciones	10	[kgf/m ²]
Otros	40	[kgf/m ²]
Total cargas adicionales	160	[kgf/m²]

Tabla 41: Cálculo de carga muerta.

Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

CARGA VIVA PARA INSTITUCIONES EDUCATIVAS		
Aulas	200	[kgf/m ²]
Oficinas	250	[kgf/m ²]
Corredores	480	[kgf/m ²]
Cubierta	150	[kgf/m ²]
Bibliotecas	720	[kgf/m ²]
Escaleras	480	[kgf/m ²]
Balcones	480	[kgf/m ²]

Tabla 42: Determinación de carga viva

Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

COMBINACIÓN DE CARGAS		
Descripción	Valor	Unidad
(CV) Carga Viva (según uso edificación)	250	[kgf/m ²]
(CM) Carga Muerta	160	[kgf/m ²]
(CU) Carga última=1.2*(CM)+1.6*(CV)*0.30	312	[kgf/m²]

Tabla 43: Cálculo de combinación de cargas.

Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

CÁLCULO DENSIDAD ADICIONAL		
Descripción	Valor	Unidad
Espesor de la losa	0.25	[m]
(CU) Carga última	312	[kgf/m ²]
Total densidad adicional	1248	[kgf/m²]

Tabla 44: Cálculo de la densidad adicional, aplicada a los elementos.

Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

5.2.4 Condiciones de apoyo (DOF)

La aplicación del método de elementos finitos supone que el comportamiento individual de las partes o elementos que conforman el cuerpo quedará definido por los grados de libertad asociados a los nodos (Pérez, 2004).

Para el análisis del edificio se considera que los nodos de la base poseen apoyos fijos, quedando restringidos los desplazamientos y giros en las direcciones “x”, “y” y “z”. Los nodos restantes de la edificación por el contrario tendrán libre movimiento en todas las direcciones.

5.2.5 Matriz de rigidez (K)

Para un elemento estructural finito, la matriz de rigidez contiene la información geométrica y de comportamiento del material que indica la resistencia del elemento a la deformación cuando se somete a la carga. Dicha deformación puede incluir efectos axiales, de flexión, de cizallamiento y de torsión (Hutton, V, 2004).

“La matriz de rigidez se define como el elemento K, el cual es la matriz que conforma la ecuación $f = K \cdot D$, donde K se relaciona con las coordenadas locales de desplazamiento D, en donde afectan las fuerzas f para un solo elemento” (Pérez, 2004).

De esta manera, se puede decir que los términos de la matriz de rigidez del elemento representan relaciones de causa-efecto. “A causa de un desplazamiento unitario impuesto en un nodo el efecto es: las fuerzas que surgen en los nodos del elemento debido a ese desplazamiento” (Otero, 2006).

Finalmente, al aplicar las características geométricas del edificio, las características de los materiales, la combinación de cargas y las condiciones de borde se obtiene la matriz de rigidez y masa correspondientes a la estructura.

5.2.6 Parámetros que sirven para determinar el espectro de aceleración

De la Norma Ecuatoriana de la Construcción se obtiene los valores de las características para definir el espectro de diseño para la ciudad de Cuenca, el cual se utilizará mas adelante para el cálculo del espectro de aceleración:

- Factor de zona sísmica (z) para Azuay: 0.25g (Peligrosidad sísmica alta).
- Tipo de suelo: C, para el Centro Histórico de Cuenca, cuya característica es ser un suelo denso o roca blanda.
- Coefficientes de amplificación de suelo: estos están en función del factor de zona sísmica y del

tipo de suelo.

*Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto: 1.30

*Fd: desplazamientos para diseño en roca: 1.50

*Fs: comportamiento no lineal de los suelos: 1.10

- Relación de amplificación espectral, n (Sa/Z, en roca): varía dependiendo de la zona del Ecuador, para la Sierra n= 2.48.
- Factor en base de la ubicación geográfica del proyecto (r): 1.00

5.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA

El análisis estructural se basa en la determinación del efecto que provocan las acciones de cargas, ya sean permanentes o accidentales sobre la totalidad o parte de la estructura, todo esto con el objetivo de efectuar las comprobaciones de los estados límites últimos y de servicio. Dicho análisis debe realizarse para las diferentes situaciones del proyecto, mediante modelos estructurales adecuados que consideren la influencia de todas las variables que sean relevantes (Ojeda Ruiz et al., n.d.).

A través del análisis modal espectral y su idea esencial de describir los fenómenos que se producen en la dinámica estructural de una forma sencilla, se asocian los parámetros de dimensiones de los elementos estructurales, la forma de construcción y las características de los materiales utilizados para determinar las propiedades dinámicas o parámetros modales dando como resultado que la estructura posea una frecuencia natural que va a depender de la masa y de la rigidez de la estructura. Al reconocer todas estas características en la edificación, el presente análisis trabaja con los diez primeros modos de vibrar, dado que estos son los que poseen una influencia significativa para el comportamiento dinámico de la estructura. Así pues, se determina el modo de vibrar predominante tanto en la dirección “x” como en la de “y”, además de establecer como trabaja la estructura respecto al modo.

5.3.1 Espectro de aceleración del edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

A partir de los parámetros definidos en el capítulo 2, se obtiene el valor del espectro de aceleración que le corresponde a cada período que posee la estructura, donde el valor de S_a (0.806) es el mismo para cada modo de vibrar debido a que los períodos que fueron analizados se encuentran en la cresta del espectro de diseño (Figura 84), siendo el valor más crítico de S_a que pueda presentar el espectro de diseño para la ciudad de Cuenca.

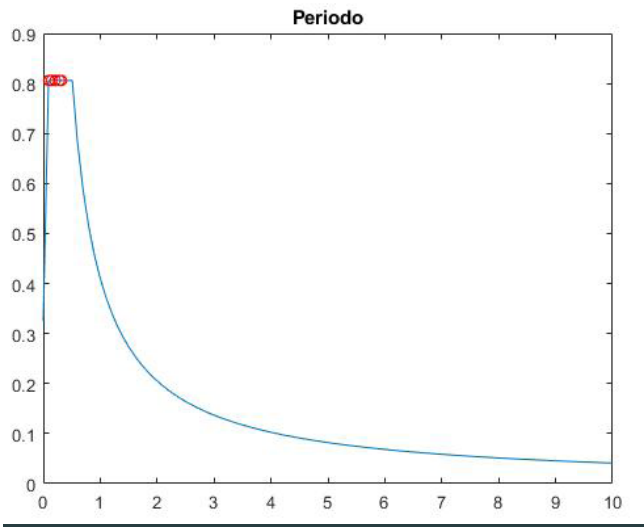


Figura 84: Espectro de aceleración del Edificio
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

5.3.2 Resultados del análisis

En la tabla 45 se presenta la cantidad de masa desplazada que participan en cada uno de los modos de vibración del edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura. De acuerdo a estas, se observa que:

- El primer modo de vibrar tiene un desplazamiento predominante en la dirección “x”, con un período de 0.342 s presenta una excitación global de la estructura. El porcentaje de masa desplazada es de 68.94 %, indicador de comportamiento estructural satisfactorio debido a que moviliza una gran cantidad de masa en una sola dirección. (Figura 85)
- El segundo modo de vibrar tiene un desplazamiento predominante en la dirección “y”, con un período de 0.3045 s presenta una excitación global. El porcentaje de masa desplazada es del 65.80 %, de igual forma indicador de un comportamiento estructural satisfactorio debido a que moviliza una gran cantidad de masa en una sola dirección. (Figura 86)
- El tercer modo de vibrar de la estructura posee un movimiento torsional, sin embargo este movimiento tiene menor probabilidad de ocurrencia dado que la diferencia entre el periodo anterior (0.3045) y el actual (0.2225) es significativo, por lo que se concluye que es más difícil que llegue a

MODOS, PERIODOS Y FACTOR DE PARTICIPACIÓN DE MASA DEL ANÁLISIS MODAL								
Modo	Período [s]	Masa Total de la estructura [kg]	Cantidad de masa desplazada durante el sismo en X [kg]	Porcentaje de masa desplazada en X [%]	Cantidad de masa desplazada durante el sismo en Y [kg]	Porcentaje de masa desplazada en Y [%]	Predominancia de desplazamiento	Descripción del movimiento en la estructural
1	0.342	2415000	1665399.09	68.94%	9578.78	0.41%	X	Global
2	0.3045	2415000	19229.53	0.79%	1589566.98	65.80%	Y	Global
3	0.2225	2415000	21997.87	0.91%	98366.68	4.06%		Torsional
4	0.1481	2415000	0.96	0.00%	676.38	0.03%	Y	Local
5	0.1195	2415000	17098.03	0.70%	2956.37	0.12%	X	Local
6	0.1164	2415000	2001.86	0.08%	1187.77	0.05%	X	Local
7	0.1108	2415000	7449.07	0.29%	2194.01	0.09%	X	Local
8	0.1097	2415000	140735.95	5.84%	15110.25	0.63%	X-Y	Global
9	0.1089	2415000	17049.79	0.70%	270.40	0.01%	X	Local
10	0.1082	2415000	2053.08	0.08%	671.60	0.03%	X	Local

Tabla 45: Tabla de los modos, períodos y factor de participación de masa del análisis modal.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

- sucederla excitación. (Figura 87)
- En el cuarto modo de vibrar existe una excitación local con un desplazamiento predominante en la dirección “y”, donde se movilizan las paredes del lateral izquierdo del edificio que da al parqueadero de arquitectura, este tipo de respuesta no es adecuado ya que dichos elementos pueden sufrir una falla fuera de plano. (Figura 88)
- En el quinto, sexto y séptimo modo de vibrar se produce una excitación local en la dirección “x” en las paredes de los distintos niveles de la edificación que dan hacia las aulas, donde se puede observar que puede existir una falla fuera del plano siendo un comportamiento menos satisfactorio.

(Figuras 89, 90, 91)

- En el octavo modo de vibrar existe una excitación global de la estructura, en direcciones “x” y “y”, siendo un modo mixto, lo que se considera como una respuesta inadecuada. (Figura 92)
- En el noveno y décimo modo de vibrar se puede observar que existe una excitación local predominante en la dirección “x”, se ubica un mayor desplazamiento de las paredes internas del edificio, esto no es considerado un buen comportamiento. (Figuras 93, 94)

En el ítem 5.3.5 se realiza la comprobación de los elementos de mampostería para determinar si en realidad existe falla fuera del plano.

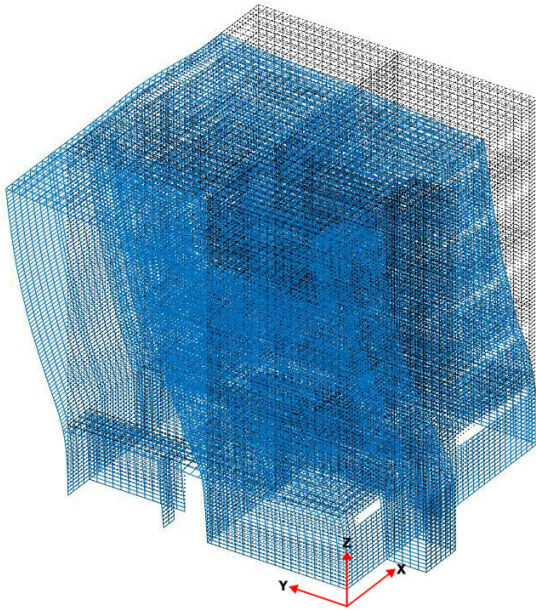
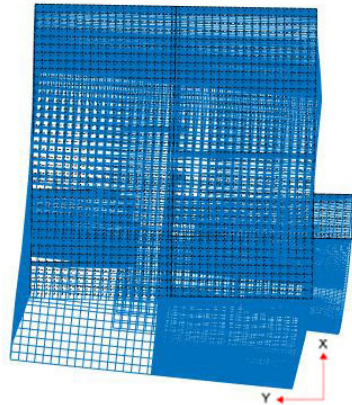


Figura 85: Código QR, vista en planta y perspectiva 3D del Primer Modo de Vibrar. Predominante en la dirección “x”.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

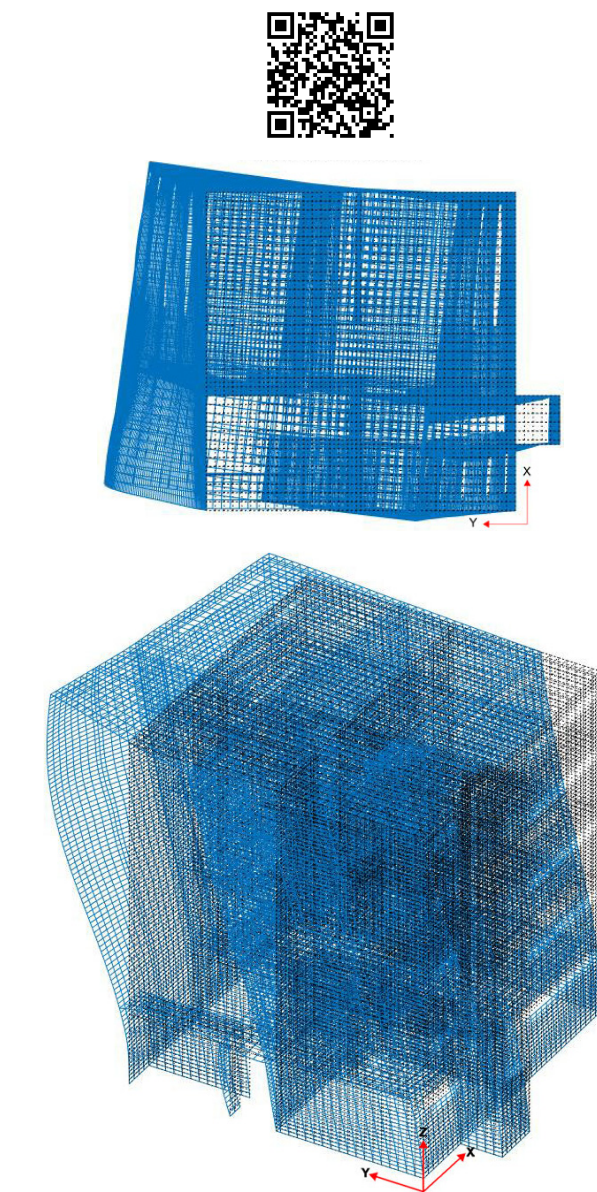


Figura 86: Código QR, vista en planta y perspectiva 3D del Segundo Modo de Vibrar. Predominante en la dirección "y".
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

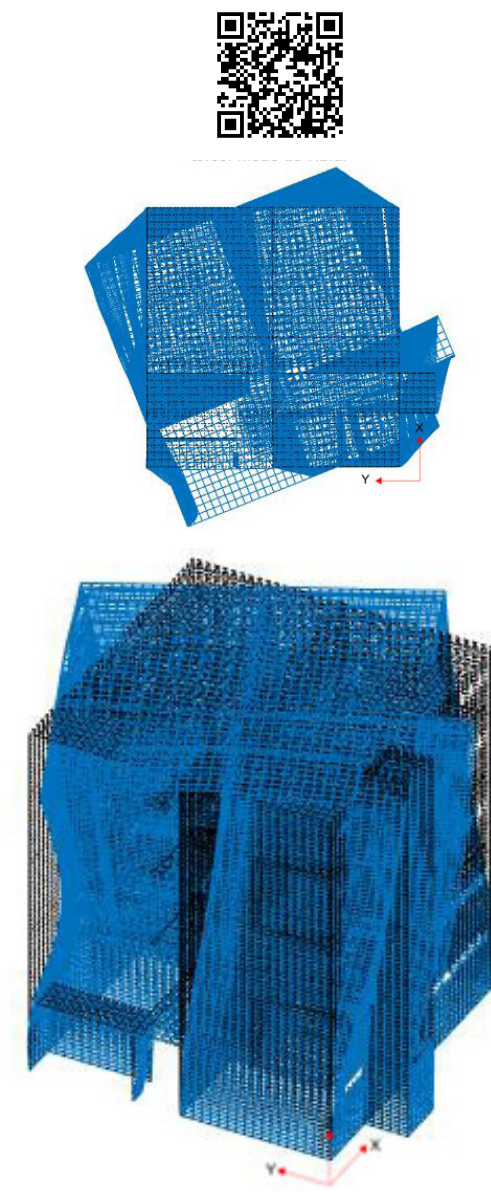


Figura 87: Código QR, vista en planta y perspectiva 3D del Tercer Modo de Vibrar. Movimiento torsional.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

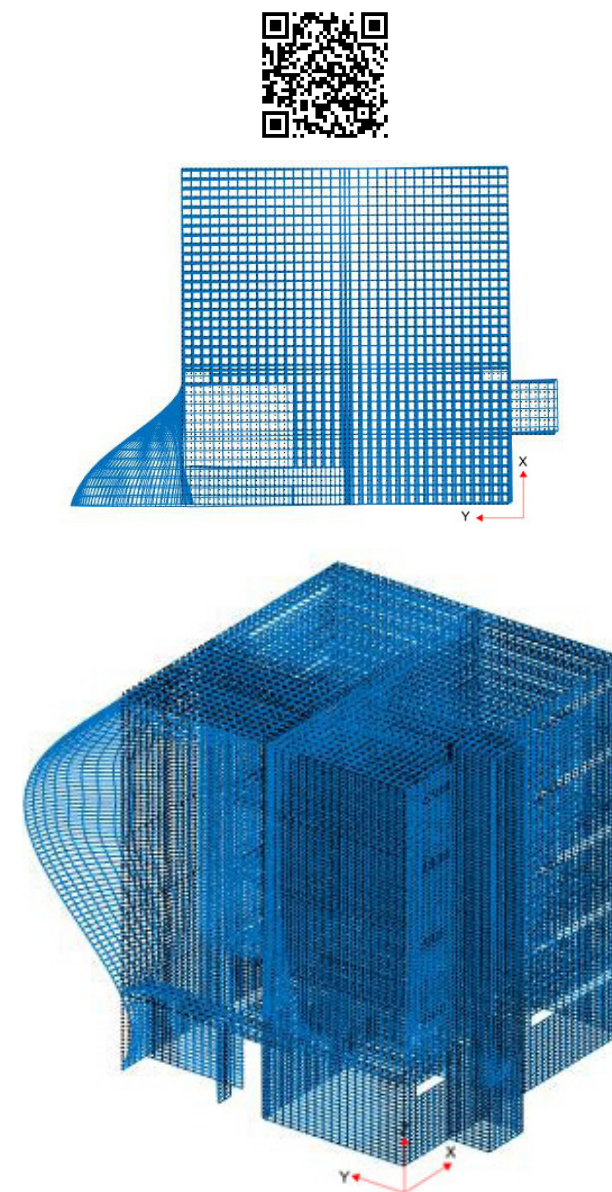


Figura 88: Código QR, vista en planta y perspectiva 3D del Cuarto Modo de Vibrar. Predominante en la dirección "y".
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

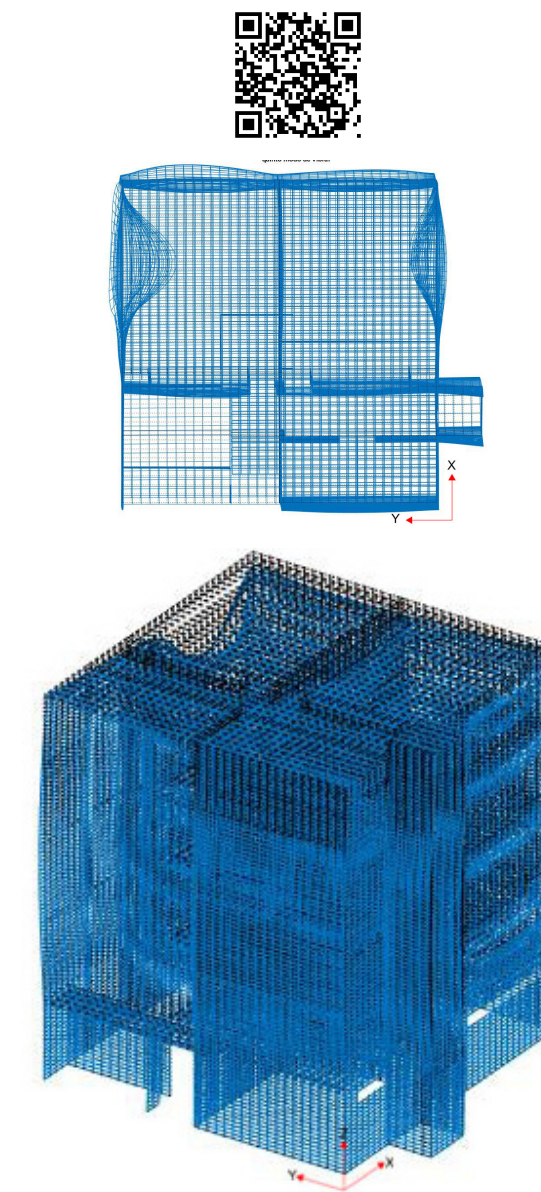


Figura 89: Código QR, vista en planta y perspectiva 3D del Quinto Modo de Vibrar. Predominante en la dirección "x".
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

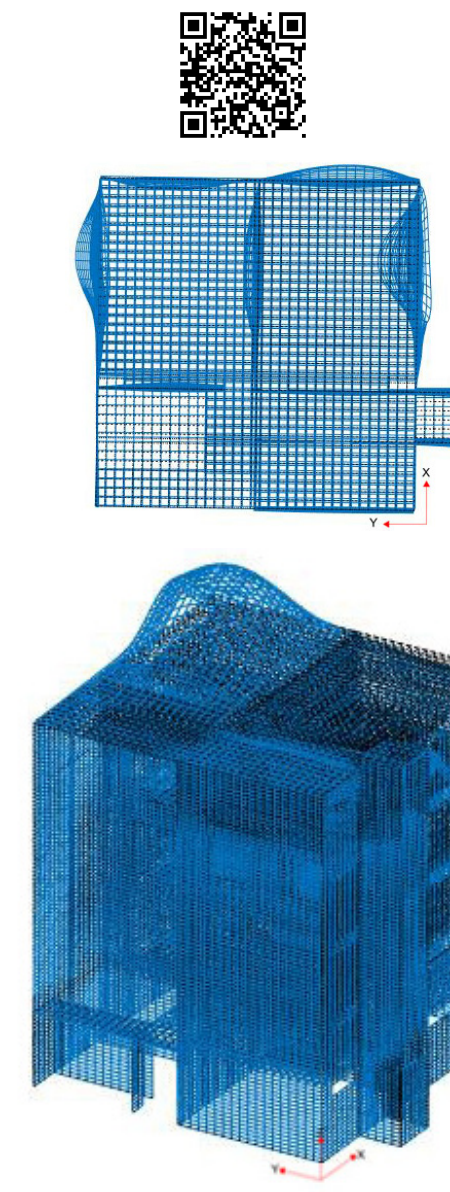


Figura 90: Código QR, vista en planta y perspectiva 3D del Sexto Modo de Vibrar. Predominante en la dirección "x".
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).



Figura 91: Vista en planta y perspectiva 3D del Séptimo Modo de Vibrar. Predominante en la dirección "x".
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

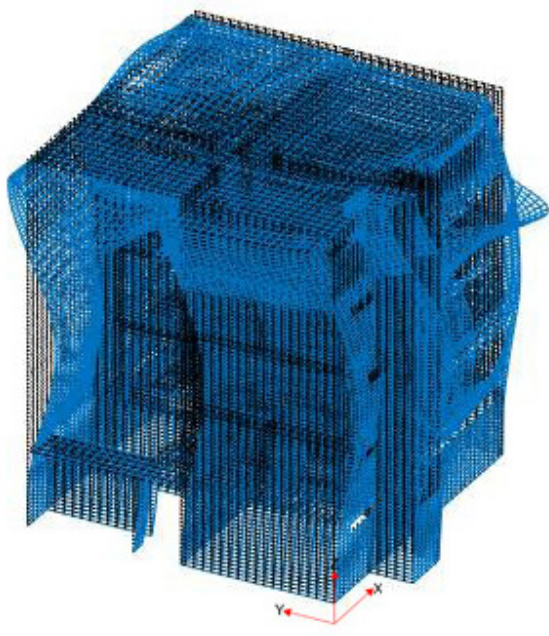
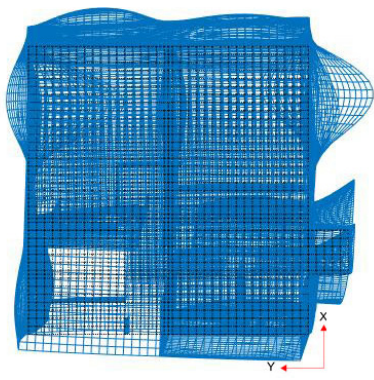


Figura 92: Código QR, vista en planta y perspectiva 3D del Octavo Modo de Vibrar. Predominante en la dirección “x”.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

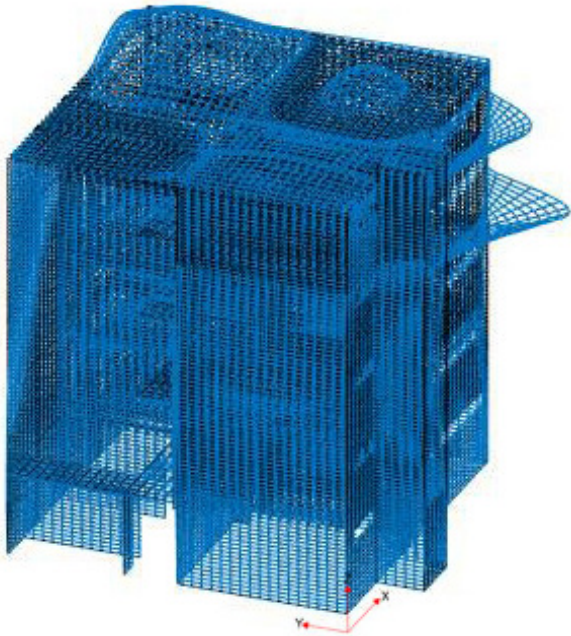
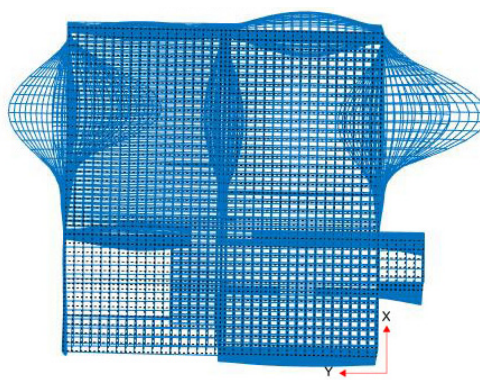


Figura 93: Vista en planta y perspectiva 3D del Noveno Modo de Vibrar. Predominante en la dirección “x”.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

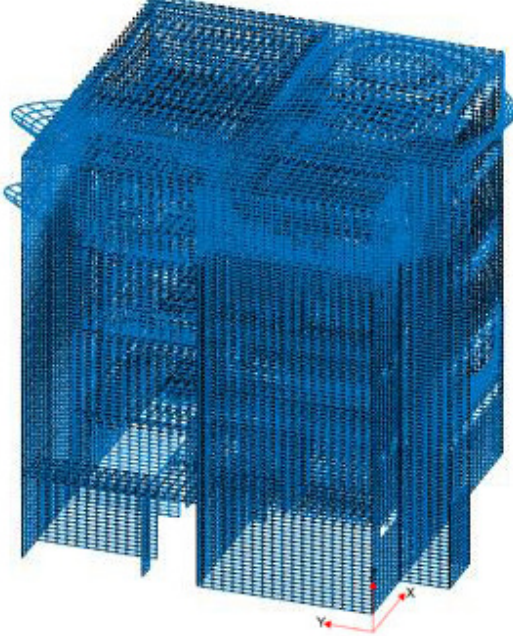
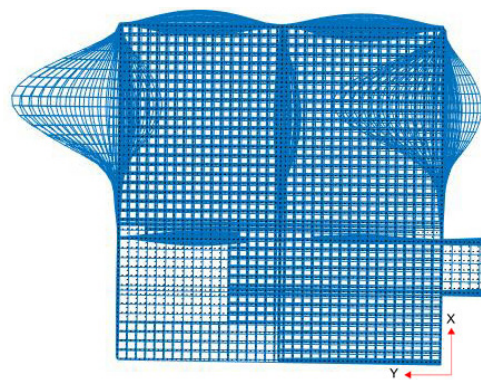


Figura 94: Vista en planta y perspectiva 3D del Décimo Modo de Vibrar. Predominante en la dirección “x”.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

5.3.4 Deriva de piso

La deriva de piso es el desplazamiento lateral relativo de un piso (particularmente debido a la acción de una fuerza externa horizontal), con respecto al piso consecutivo, este se mide a través de dos puntos ubicados en la misma línea vertical y se calcula restando del desplazamiento del extremo superior, el desplazamiento del extremo inferior del piso y esto dividido por la altura de los entrepisos (Ceballos, 2017). (Figura 95).

El análisis de la deriva de entrepiso se realiza para controlar el daño que se puede producir en una estructura debido a desplazamientos excesivos.

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción los límites de las derivas de entrepiso inelásticas máximas que se presentan en la tabla 46 deberían satisfacer a las columnas del edificio.

Se sabe que el valor de las derivas de entrepiso se pueden utilizar como medida que nos permita cuantificar el daño bajo cargas laterales a partir de umbrales correspondientes a los cinco estados límite especificados en el trabajo de Vielma et al., (2008).

En la tabla 47 se definen los estados límite y los parámetros utilizados para su caracterización, donde:

1. Estado límite sin daño: No se alcanzan daños en los elementos no estructurales
2. Estado límite de servicio: Aparición de daño en elementos no estructurales
3. Estado límite de daños irreparables: Se producen daños concentrados en ciertos elementos estructurales y daños extensos en elementos no estructurales
4. Estado límite de daños extensos: Diversos elementos estructurales y no estructurales presentan daño severo. La estructura sigue siendo capaz de soportar su propio peso
5. Estado límite de prevención de colapso: Estado previo al colapso de la estructura, los daños en los elementos vuelven a la estructura inestable e incapaz de soportar cargas de gravedad.

De este modo, mediante el uso de los umbrales de daño podemos realizar una evaluación rápida de la respuesta sísmica del edificio a partir de las derivas calculadas.

5.3.4.1 Cálculo de la deriva de entrepiso y determinación del estado de daño

Como se observó en las gráficas de los modos 1 y 2 existe una gran participación de masa global tanto en “x” como en “y”, debido a esto se seleccionaron dos ejes (5, E) periféricos de la edificación para el análisis

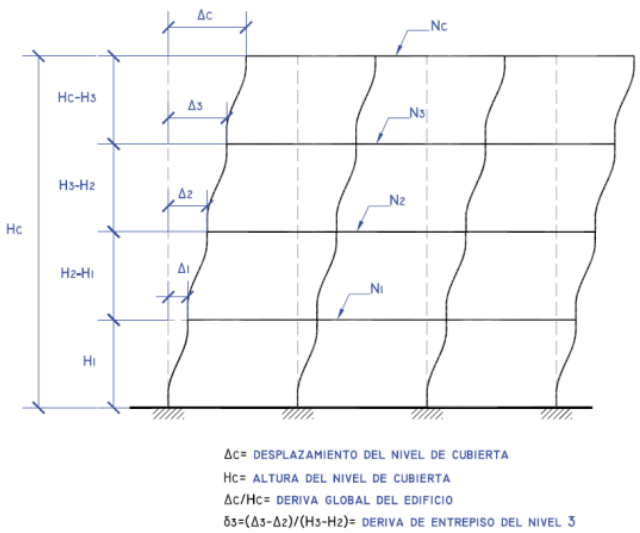


Figura 95: Determinación de las derivas de entrepiso a partir de los desplazamientos laterales del edificio.
Fuente: Vielma J.C. et al., 2008.

Valores de derivas máximas	Δ_M
Estructuras de:	Δ_M
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,020
Mampostería	0,010

Tabla 46: Valores de derivas máximas admitidos.
Fuente: Nec-Se-Ds (2014). Adaptación: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

Umbrales de daño	
Estado límite	Parámetro
Sin daño	$0\% \leq \delta < 0.5\%$
De servicio	$0.5\% \leq \delta < 1.5\%$
Daños irreparables	$1.5\% \leq \delta < 2.5\%$
Daños extensos	$2.5\% \leq \delta < 3.0\%$
Prevención de colapso	$3.0\% \leq \delta; ID < 95\%$

Tabla 47: Estados límite y parámetros utilizados para su caracterización.
Fuente: Vielma J.C. et al., 2008.
Adaptación: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

de la deriva en los sentidos “x” y “y” del edificio. (Figura 96)

Los valores de desplazamiento se obtienen a partir de aplicar la fórmula $(D_{ns}-D_{ni}) / h$.

Donde:

D_{ns}= Desplazamiento nodo superior

D_{ni}= Desplazamiento nodo inferior

H= Altura

En la tabla 48 se muestra la deriva final de cada una de las losas de entrepiso en el sentido “x” y en la tabla 49 la deriva final de cada una de las losas de entrepiso en el sentido “y”.

En las mismas se observa que en ambos sentidos los valores de las derivas son menores o iguales al 0.0034 y dicho valor se encuentra por debajo de la deriva máxima admitida por la Norma Ecuatoriana de la Construcción especificada en la tabla 46 y al comparar estos valores con la tabla 47 se puede definir que la edificación pertenece al estado limite sin daño, es decir no se evidencia deficiencias en elementos estructurales o en los elementos no estructurales.

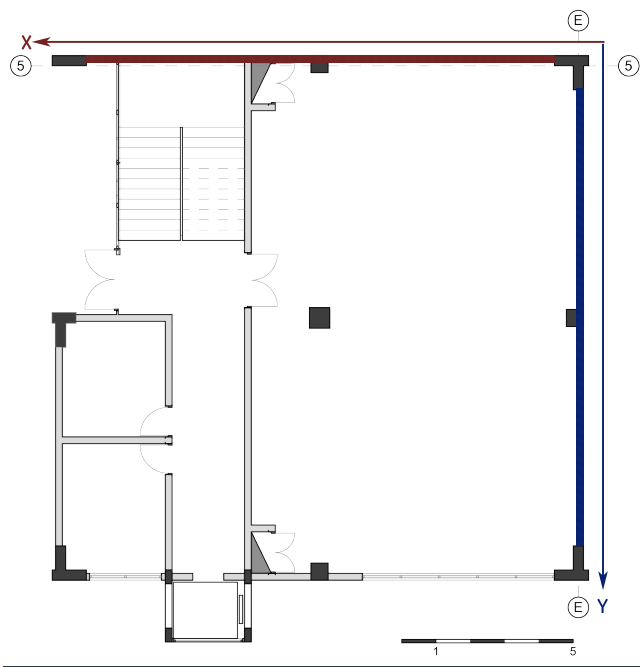


Figura 96: Esquema en planta de ejes para el cálculo de las derivas de entrepiso
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN, 2021.

DERIVAS POR PISO _ EN EL EJE X			
Nivel	Núm de piso	Altura [m]	Deriva
+0,00	2	3,60	0.0001
+3,60	3	3,60	0.0003
+7,20	4	3,60	0.0004
+10,80	5	3,20	0.0003
+14,00	Cubierta	-	0.0034

Tabla 48: Derivas por piso. Dirección “x”.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

DERIVAS POR PISO _ EN EL EJE Y			
Nivel	Núm de piso	Altura [m]	Deriva
+0,00	2	3,60	0.002
+3,60	3	3,60	0.003
+7,20	4	3,60	0.001
+10,80	5	3,20	0.0002
+14,00	Cubierta	-	0.003

Tabla 49: Derivas por piso. Dirección “y”.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

5.3.5 Deriva en paredes

Se considera que las paredes de mampostería son más rígidas ante acciones sísmicas al compararse con el comportamiento de un pórtico de hormigón armado, sin embargo, este comportamiento de la mampostería tiende a ser errático ya que puede disminuir su rigidez y resistencia al agrietarse a deformaciones (derivas) relativamente bajas. Mientras que los pórticos de hormigón armado son más flexibles que las paredes al alcanzar grandes deformaciones inelásticas (Urich & Beauperthuy, 2013). (Figura 97).

De acuerdo a Urich, (2017) existe una estrecha relación entre las fuerzas laterales, la deformación y el daño, por ejemplo, en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción se identifica que las particiones de mampostería tienden a mostrar las primeras grietas en derivas lo suficientemente bajas como 1.00%. A partir del cual existe un progreso de degradación en su resistencia y rigidez de la pared alcanzando daños hasta llegar al colapso completo de la mampostería la cual posiblemente comienza con derivas de tan solo 6%.

Para la presente tesis el estado de daño de la mampostería que pueda presentarse durante un sismo se identificará en base a las derivas obtenidas del modelo estructural, las cuales se clasificarán en tres tipos

de daños según (Chiozzi & Miranda, 2017):

1. Estado de daño 1 (DS1): este estado comienza con la aparición de pequeñas grietas de hasta 0.002 mm de ancho, para la reparación se requiere solamente nuevo enlucido y pintado (Figura 98).
2. Estado de daño 2 (DS2): este estado corresponde a la aparición de grietas significativas superiores a los 0.002mm, para la reparación de este daño se requiere acciones más fuertes como la remoción de ladrillos y la reconstrucción parcial de la mampostería, además de nuevo enlucido y pintado (Figura 99).
3. Estado de daño 3 (DS3): en este estado se puede observar el desarrollo de grandes grietas en su mayoría son superiores a los 0.004mm, estas tienden a aparecer diagonalmente en la pared, para la reparación se recomienda la demolición completa de la mampostería y posterior la construcción de una nueva (Figura 100).

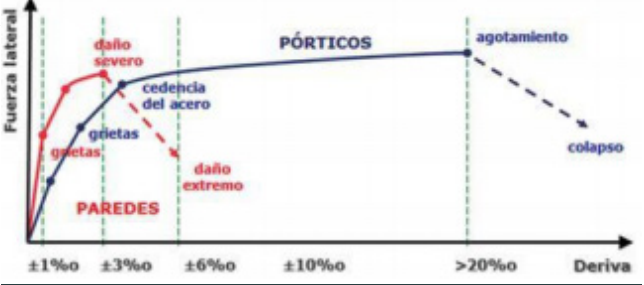


Figura 97-99: Diagrama tensión-deformación típicos. Paredes de mampostería y pórticos de concreto armado.
Fuente: Urich B. & Beauperthuy, (2013)



Figura 98: Representación del estado de daño 1. Mampostería después del sismo en Ecuador 2016.
Fuente: Chiozzi & Miranda, 2017.



Figura 99: Representación del estado de daño 2. Mampostería después del sismo en Ecuador 2016.
Fuente: Chiozzi & Miranda, 2017.



Figura 100: Representación del estado de daño 3. Mampostería después del sismo en Ecuador 2016
Fuente: Chiozzi & Miranda, 2017

5.3.5.1 Cálculo de deriva en paredes y determinación de paredes con el tipo de estado de daño.

Para el cálculo de la deriva total por pared en primer lugar se procede a obtener los desplazamientos nodales de todos los puntos superiores e inferiores de la pared, tanto en la dirección “x” como en “y”, (Figura 101) para en lo posterior aplicar la fórmula:

$$[(DNs-DNi)/h]$$

Donde:

DNs: Desplazamiento nodo superior

DNi: Desplazamiento nodo inferior

H: Altura,

Una vez obtenida la deriva por cada punto procedemos a realizar un promedio de las derivas en “x” y “y” por cada pared. (Tabla 50).

Con los valores promedio de las derivas en las dos direcciones se realiza el procesamiento de datos para obtener la deriva total de la pared a través de la fórmula que se halla en las tablas 51, 52, 53, 54, 55 y con los valores resultantes en una planta esquemática del edificio se realiza una clasificación de los estados de daños posibles que pueden sufrir las distintas mamposterías que conforman la edificación. (Tablas 51, 52, 53, 54, 55) (Figuras 102, 103, 104, 105, 106).

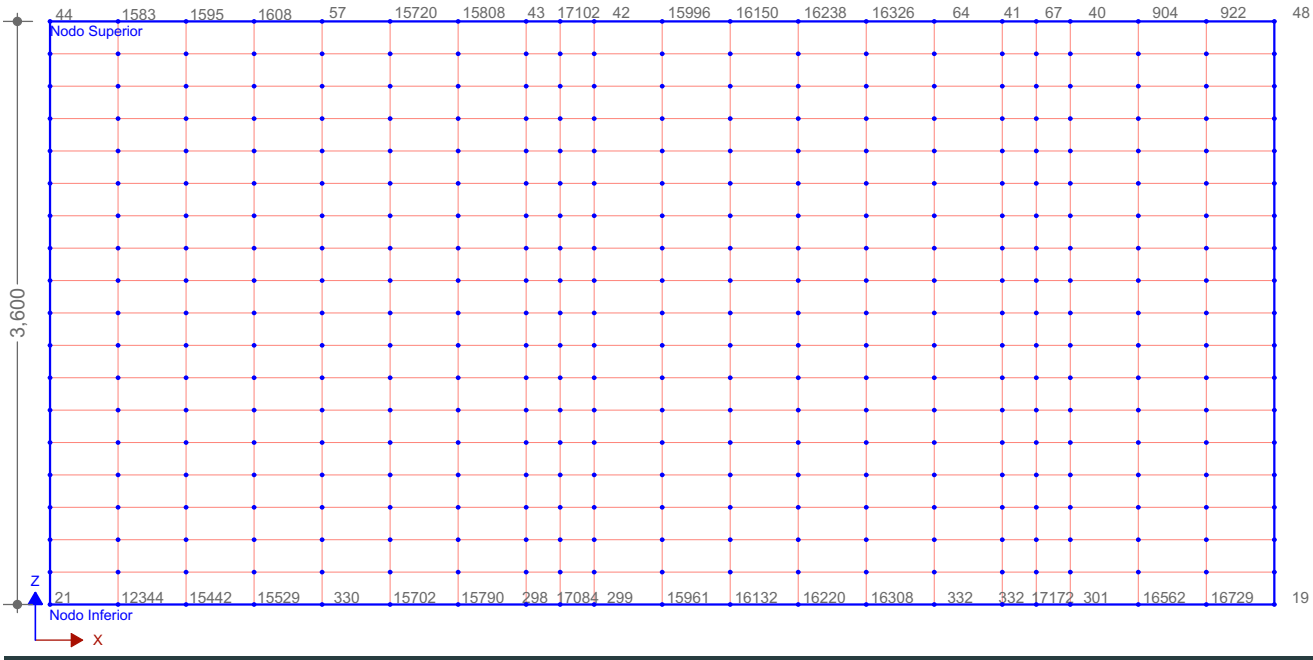


Figura 101: Nodos que conforman la pared 1.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

CÁLCULO DEL PROMEDIO DE LA DERIVA POR PAREDES												
Pared	Fórmula	Nodo Superior	Deformación [x] Nodo Superior	Deformación [y] Nodo Superior	Nodo Inferior	Deformación [x] Nodo Inferior	Deformación [y] Nodo Inferior	Altura del piso	Aplicación de fórmula [x]	Promedio derivas [x]	Aplicación de fórmula [y]	Promedio derivas [y]
1	$\delta=\frac{\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	44	8,91E-04	-3,45E-04	21	-4,29E-06	2,93E-06	3,60	0,000248788		-9,67E-05	
		1583	-3,38E-04	1,67E-03	12344	7,10E-04	-2,12E-04	3,60	-0,000291214		5,23E-04	
		1595	-1,03E-04	1,12E-03	15442	9,98E-03	1,44E-04	3,60	-0,002799447		2,72E-04	
		1608	-3,61E-03	-1,98E-04	15529	0,00E+00	0,00E+00	3,60	-0,00100308		-5,51E-05	
		57	4,94E-05	1,93E-05	330	-6,99E-04	4,22E-04	3,60	2,08E-04		-1,12E-04	
		15702	-3,93E-03	-9,95E-04	15702	-3,93E-03	-9,95E-04	3,60	0,000000		0,00E+00	
		15808	0,00E+00	0,00E+00	15790	0,00E+00	0,00E+00	3,60	0,00E+00		0,00E+00	
		43	-1,88E-04	-9,47E-04	298	1,55E-03	2,00E-04	3,60	-0,000483092		-3,19E-04	
		17102	1,68E-03	1,34E-02	17084	1,52E-03	1,23E-02	3,60	4,33528E-05		3,07E-04	
		42	-3,12E-03	1,81E-03	299	-1,20E-04	3,11E-03	3,60	-0,000832456		-3,62E-04	
		15996	-3,90E-05	-2,58E-04	15961	1,21E-02	2,27E-04	3,60	-0,003370681	0,00177914	-1,35E-04	0,000492196
		16150	0,00E+00	0,00E+00	16132	0,00E+00	0,00E+00	3,60	0,00E+00		0,00E+00	
		16238	2,43E-03	1,94E-02	16220	2,36E-03	1,88E-02	3,60	2,1878E-05		1,70E-04	
		16326	-1,53E-04	-5,86E-05	16308	-9,79E-05	-3,71E-05	3,60	-1,5388E-05		-5,97E-06	
		64	3,45E-05	-7,14E-04	332	-5,06E-04	9,61E-04	3,60	0,000150028		-4,65E-04	
		41	2,60E-03	2,08E-02	300	3,47E-04	-2,18E-04	3,60	0,000624852		5,83E-03	
		67	2,90E-02	6,08E-04	17172	5,13E-04	-2,72E-04	3,60	0,007907654		2,44E-04	
		40	3,03E-02	-3,25E-03	301	1,69E-04	-7,22E-04	3,60	0,00836374		-7,03E-04	
		904	2,13E-02	-2,03E-03	16562	2,04E-03	2,14E-04	3,60	0,00535123		-6,23E-04	
		922	2,03E-02	2,54E-05	16729	0,00E+00	0,00E+00	3,60	0,005632332		7,05E-06	
		48	2,26E-06	-1,62E-05	19	5,53E-05	-3,99E-04	3,60	-1,47455E-05		1,06E-04	

Tabla 50: Cálculo de la deriva final por pared en la dirección “x” y “y”.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2020).

DERIVA TOTAL POR PISOS			
Fórmula	$D = \sqrt{(Dx)^2 + (Dy)^2}$		
Pared	Deriva [x]	Deriva [y]	Deriva Total
PLANTA SUBSUELO _ N= -3,60			
1	0,00177914	0,00049220	0,0018
2	0,00084518	0,00473087	0,0048
3	0,00185163	0,00113720	0,0022
4	0,00167485	0,00284853	0,0033
5	0,00060213	0,00205738	0,0021
6	0,00225646	0,00069444	0,0024
7	0,00036191	0,00290906	0,0029
8	0,00101471	0,00082866	0,0013
9	0,00050267	0,00042848	0,0007
10	0,00151666	0,00052663	0,0016
11	0,00012799	0,00078153	0,0008
12	0,00072246	0,00081200	0,0011
13	0,00223430	0,00085439	0,0024
14	0,00078557	0,00018763	0,0008
15	0,00128741	0,00119225	0,0018
16	0,00129751	0,00065674	0,0015
17	0,00187315	0,00153159	0,0024
18	0,00042785	0,00042785	0,0006
19	0,00011768	0,00119746	0,0012
20	0,00043604	0,00202997	0,0021
DS1			
DS2			
DS3			

DS1: Pared con estado de daño 1

DS2: Pared con estado de daño 2

DS3: Pared con estado de daño 3

Tabla 51: Cálculo de la deriva total de las paredes de la Planta de Subsuelo _ N= -3,60.

Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

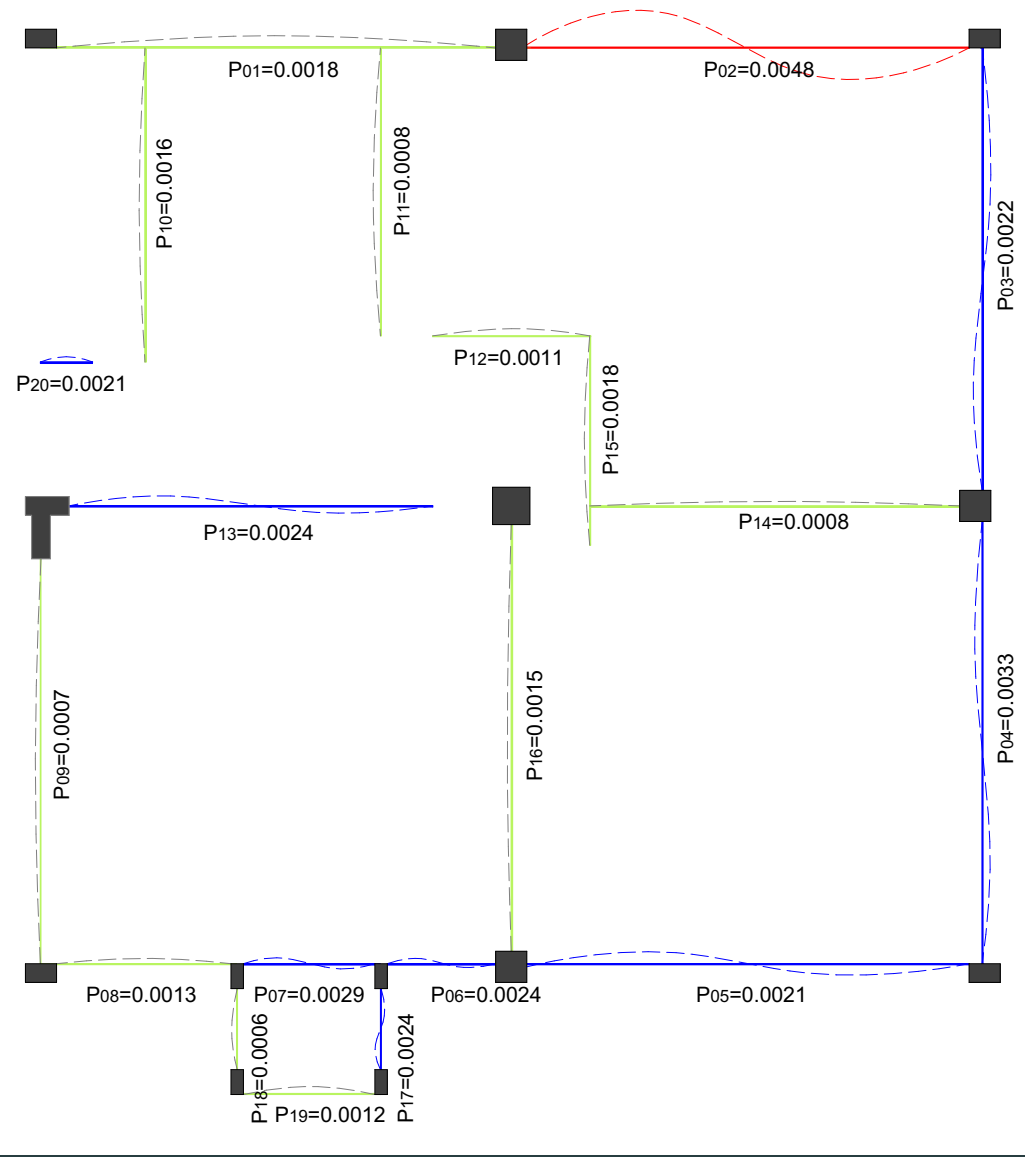


Figura 102: Esquema del lugar en planta de la deformación en paredes _ Planta de Subsuelo _ N= -3,60.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

DERIVA TOTAL POR PISOS			
Fórmula	$D = \sqrt{(Dx)^2 + (Dy)^2}$		
Pared	Deriva [x]	Deriva [y]	Deriva Total
PLANTA BAJA _ N= ±0,00			
21	0,00192196	0,00087074	0,0021
22	0,00041645	0,00472884	0,0047
23	0,00148181	0,00106426	0,0018
24	0,00140292	0,00165230	0,0022
25	0,00018875	0,00314626	0,0032
26	0,00240041	0,00155068	0,0029
27	0,00061007	0,00009391	0,0006
28	0,00039587	0,00126672	0,0013
29	0,00016800	0,00017019	0,0002
30	0,00030701	0,00005816	0,0003
31	0,00053678	0,00029488	0,0006
32	0,00102548	0,00075076	0,0013
33	0,00100287	0,00184705	0,0021
34	0,00093989	0,00094351	0,0013
35	0,00019322	0,00026863	0,0003
36	0,00020032	0,00020999	0,0003
37	0,00148030	0,00108468	0,0018
DS1			
DS2			
DS3			

DS1: Pared con estado de daño 1
DS2: Pared con estado de daño 2
DS3: Pared con estado de daño 3
Tabla 52: Cálculo de la deriva total de las paredes de la Planta Baja _ N= +-0.00.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

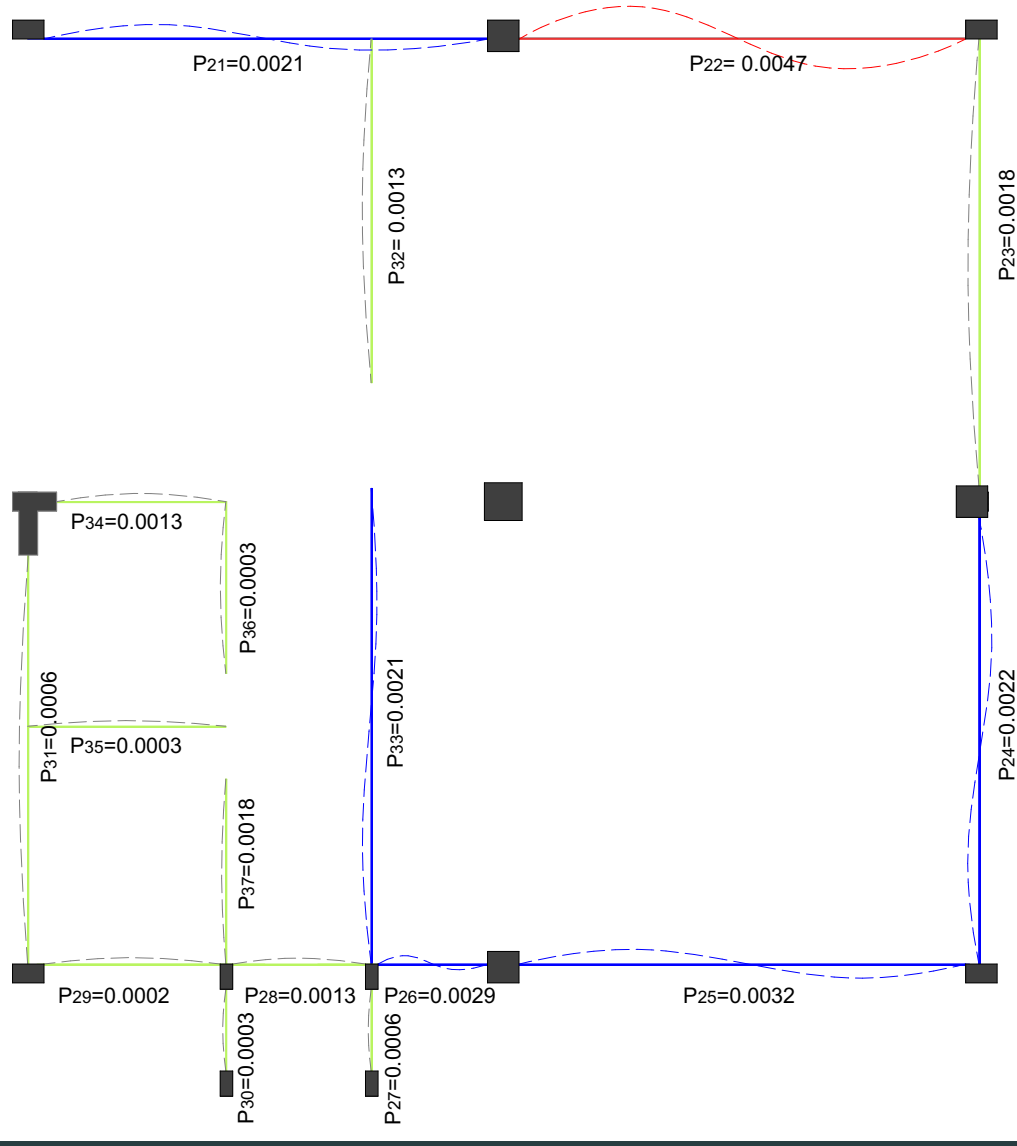


Figura 103: Esquema del espacio en planta de la deformación en paredes _ Planta Baja _ N= +-0.00.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

DERIVA TOTAL POR PISOS			
Fórmula	$D = \sqrt{(Dx)^2 + (Dy)^2}$		
Pared	Deriva [x]	Deriva [y]	Deriva Total
PRIMERA PLANTA ALTA _ N= +3,60			
38	0,00042106	0,00012760	0,0004
39	0,00040730	0,00018787	0,0004
40	0,00119910	0,00129304	0,0018
41	0,00021178	0,00029486	0,0004
42	0,00028780	0,00008782	0,0003
43	0,00029331	0,00011468	0,0003
44	0,00022895	0,00033460	0,0004
45	0,00037555	0,00034409	0,0005
46	0,00082908	0,00011864	0,0008
47	0,00063817	0,00052300	0,0008
48	0,00040568	0,00030538	0,0005
49	0,00028139	0,00039881	0,0005
50	0,00121594	0,00030208	0,0013
51	0,00018938	0,00019607	0,0003
52	0,00064735	0,00056401	0,0009
53	0,00170105	0,00110240	0,0020
DS1			
DS2			
DS3			

DS1: Pared con estado de daño 1
DS2: Pared con estado de daño 2
DS3: Pared con estado de daño 3
Tabla 53: Cálculo de la deriva total de las paredes de la Primera Planta Alta _ N= +3.60.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

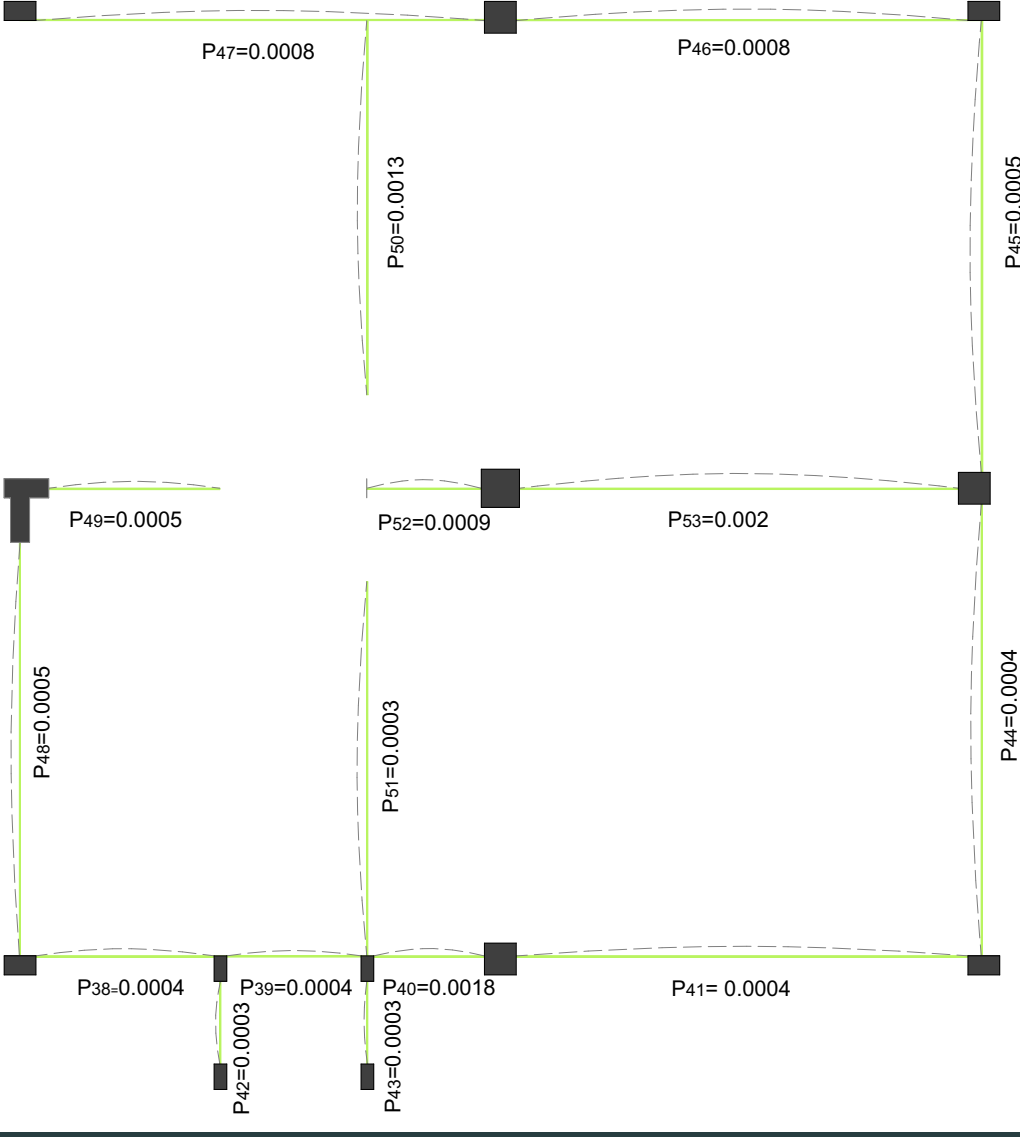


Figura 104: Esquema del lugar en planta de la deformación en paredes _ Primera Planta Alta _ N= +3.60.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

DERIVA TOTAL POR PISOS			
Fórmula	$D = \sqrt{(Dx)^2 + (Dy)^2}$		
Pared	Deriva [x]	Deriva [y]	Deriva Total
SEGUNDA PLANTA ALTA _ N= +7,20			
54	0,00039705	0,00026135	0,0005
55	0,00017892	0,00032121	0,0004
56	0,00019354	0,00057171	0,0006
57	0,00056074	0,00018488	0,0006
58	0,00029597	0,00008551	0,0003
59	0,00020418	0,00003509	0,0002
60	0,00034410	0,00033121	0,0005
61	0,00026376	0,00022215	0,0003
62	0,00029222	0,00019591	0,0004
63	0,00033128	0,00046850	0,0006
64	0,00047175	0,00037766	0,0006
65	0,00035203	0,00032399	0,0005
66	0,00031978	0,00034464	0,0005
67	0,00079416	0,00053056	0,0010
68	0,00040741	0,00037549	0,0006
69	0,00028046	0,00027320	0,0004
70	0,00058175	0,00069469	0,0009
71	0,00065279	0,00040437	0,0008
72	0,00040895	0,00037811	0,0006
DS1			
DS2			
DS3			

DS1: Pared con estado de daño 1
DS2: Pared con estado de daño 2
DS3: Pared con estado de daño 3
Tabla 54: Cálculo de la deriva total de las paredes de la Segunda Planta Alta _ N= +7,20.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

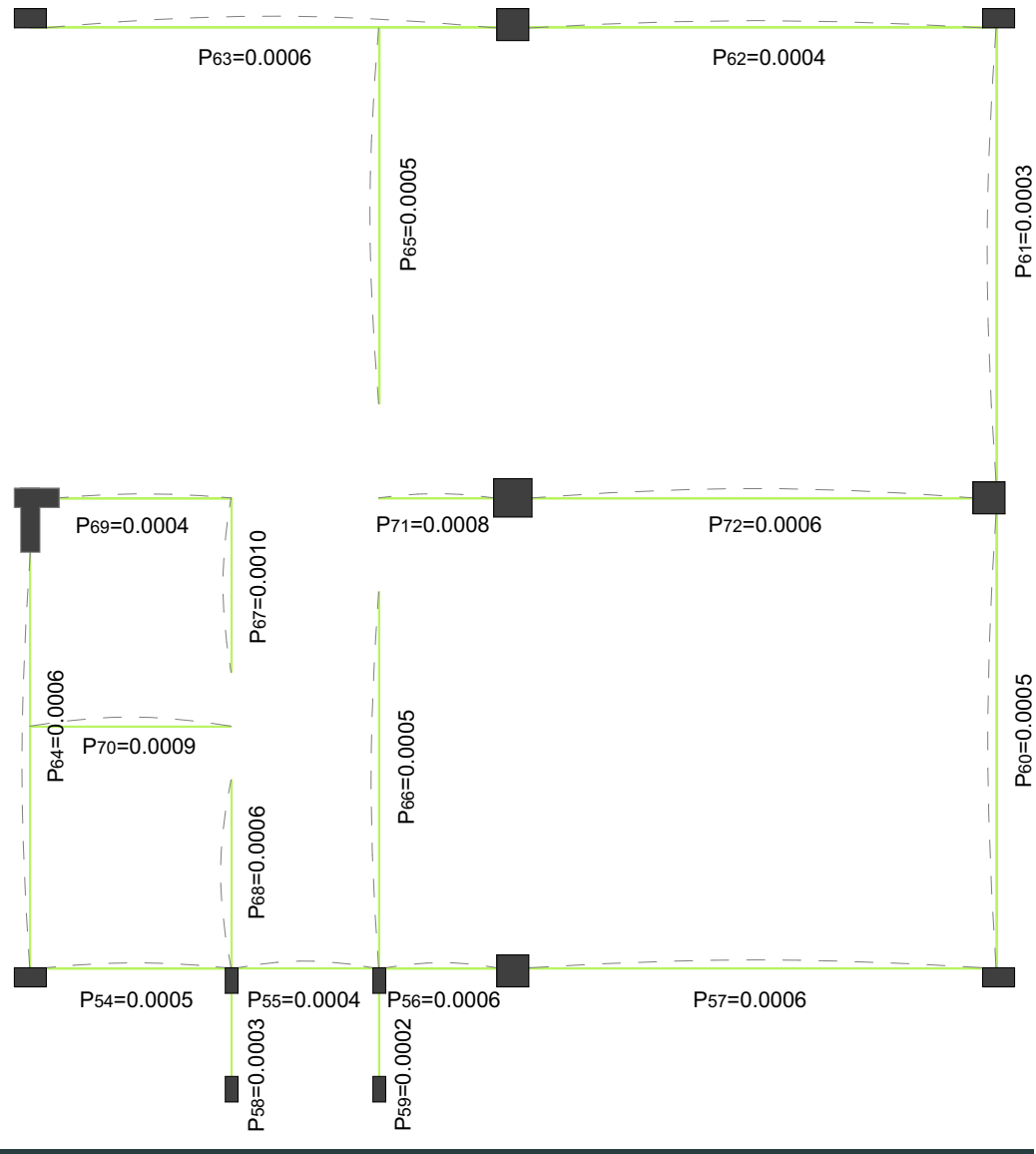


Figura 105: Esquema del sitio en planta de la deformación en paredes _ Segunda Planta Alta _ N= +7,20.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

DERIVA TOTAL POR PISOS			
Fórmula	$D = \sqrt{(Dx)^2 + (Dy)^2}$		
Pared	Deriva [x]	Deriva [y]	Deriva Total
TERCERA PLANTA ALTA _ N= +10,80			
73	0,00015642	0,00037224	0,0004
74	0,00070571	0,00053715	0,0009
75	0,00070571	0,00058832	0,0009
76	0,00075939	0,00023387	0,0008
77	0,00040638	0,00053108	0,0007
78	0,00049586	0,00087590	0,0010
79	0,00012575	0,00054875	0,0006
80	0,00105144	0,00051523	0,0012
81	0,00001869	0,00056026	0,0006
82	0,00030925	0,00030244	0,0004
83	0,00025696	0,00043447	0,0005
84	0,00030211	0,00030821	0,0004
85	0,00096434	0,00048878	0,0011
86	0,00053826	0,00057669	0,0008
87	0,00211582	0,00072303	0,0022
88	0,00149047	0,00132943	0,0020
DS1			
DS2			
DS3			

DS1: Pared con estado de daño 1
DS2: Pared con estado de daño 2
DS3: Pared con estado de daño 3
Tabla 55: Cálculo de la deriva total de las paredes de la Tercera Planta Alta _ N= +10,80.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

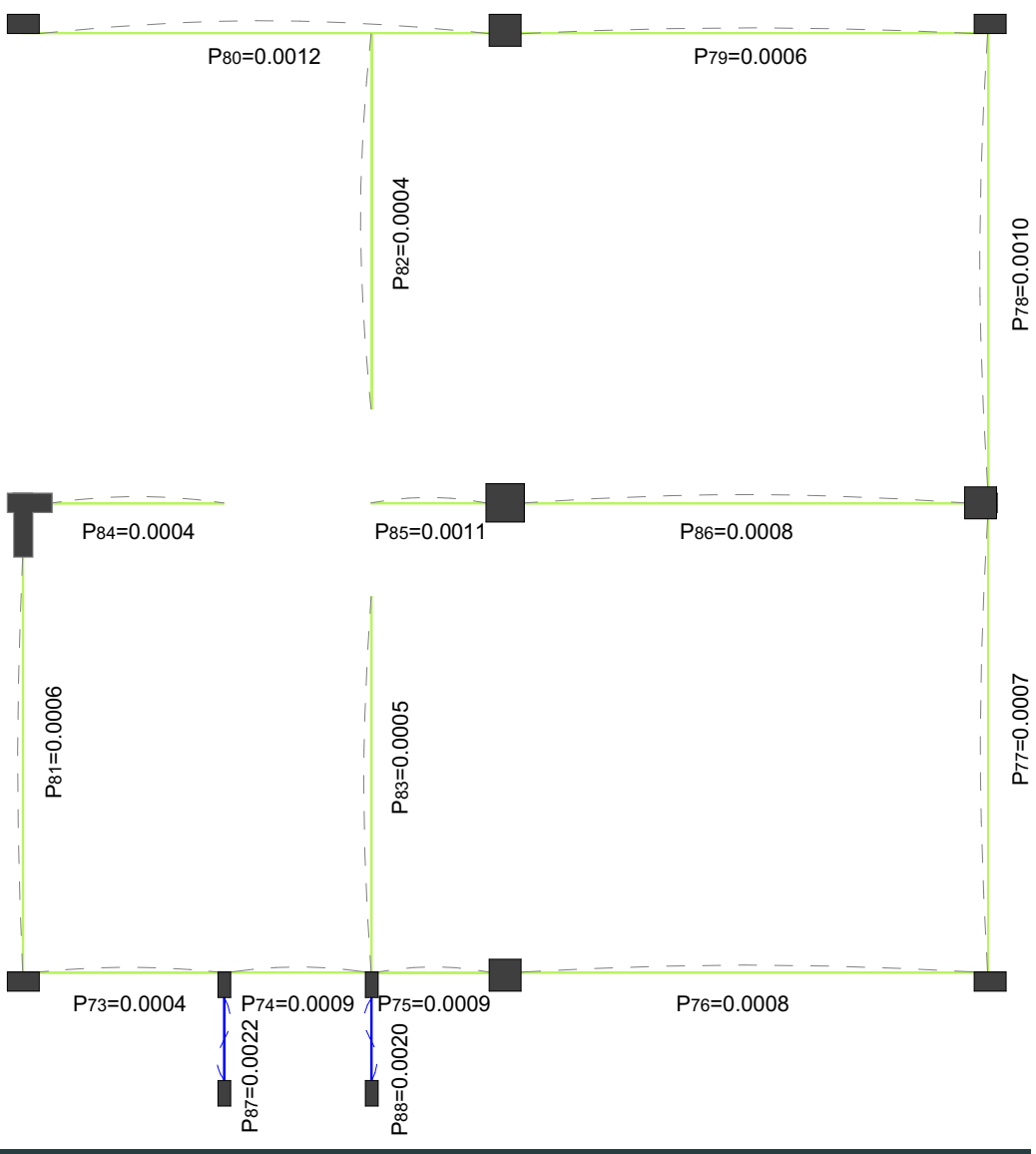


Figura 106: Esquema del lugar en planta de la deformación en paredes _ Tercera Planta Alta _ N= +10,80.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

5.4 DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS EN FUNCION DE LA DERIVA DE LAS PAREDES

A través de la metodología que se ha desarrollado en el presente trabajo de titulación, los resultados arrojados nos permiten determinar la vulnerabilidad estructural de la edificación a partir de los valores obtenidos de las derivas, tanto de entrepiso como de cada una de las paredes que conforman el edificio de Postgrados.

5.4.1 Vulnerabilidad en elementos de mampostería

A través del cálculo de las derivas individuales de cada una de las paredes en las diferentes plantas de la edificación y al clasificar estos valores de acuerdo al estado de daño que pueden llegar a tener según los parámetros establecidos por Chiozzi & Miranda, (2017), se determina que la vulnerabilidad estructural de estos elementos recae sobre dos elementos específicos (Pared 01, 022), estos sobresalen debido al valor de su deriva a través de la cual se establece que dichos elementos tienden a desarrollar grandes grietas de forma diagonal sobre las paredes y que en muchas ocasiones son superiores a 0.004 mm y llegado a este punto se consideran que están en previo colapso.

Así mismo, se identifica que en las plantas de nivel -3.60 y +-0.00 (Figuras 102, 103) existen una cantidad considerable de paredes que según la deriva que posee, estas tienden a presentar grietas cuyo espesor varía entre 0.002 mm y 0.004 mm dando como resul-

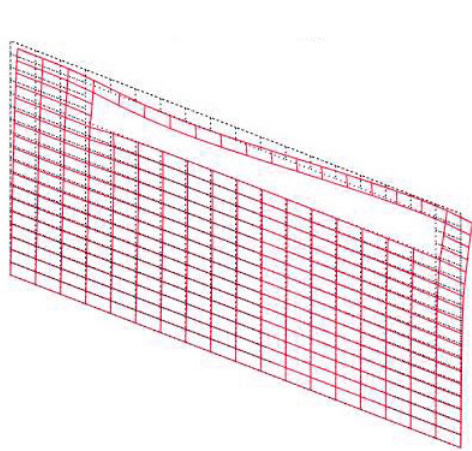


Figura 107: Deformación en perspectiva 3D, de la pared número 2 con estado de daño 3
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

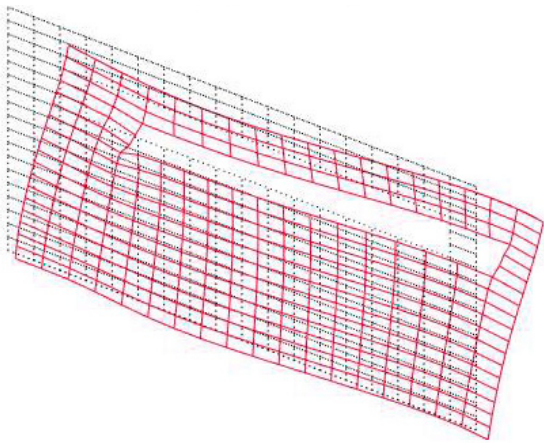


Figura 108: Deformación en perspectiva 3D, de la pared número 22 con estado de daño 3.
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

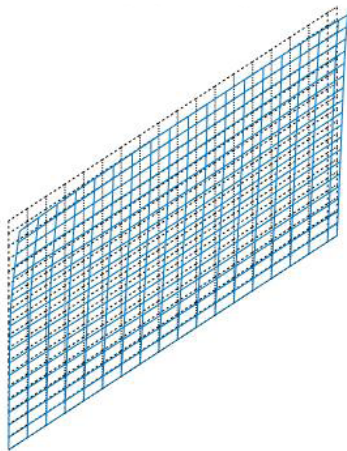


Figura 109: Deformación en perspectiva 3D de la pared 05 con estado de daño tipo 2
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

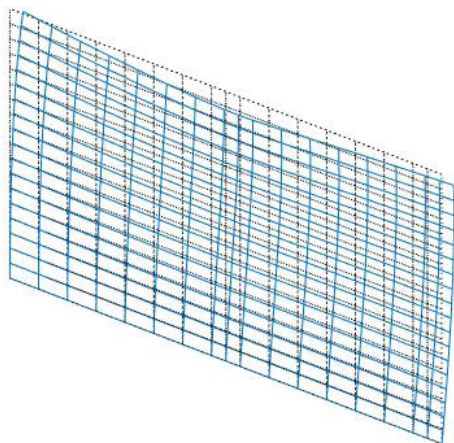


Figura 110: Deformación en perspectiva 3D de la pared tipo 013 con estado de daño tipo 2
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

tado un riesgo de colapso bajo o nulo. En las plantas superiores de la edificación el estado de daño que las paredes pueden llegar a sufrir se limita a presentar grietas de hasta 0.002 mm, siendo las que presentan el mejor comportamiento ante sismo al no presentar riesgo alguno. Ejemplo de las deformaciones según su estado de daño:

Vulnerabilidad alta – Estado de daño tipo 3

- Pared 02 (Figura 107): Deriva de 0.0048
- Pared022 (Figura 108): Deriva de 0.0047

Vulnerabilidad media – Estado de daño tipo 2

- Pared 05 (Figura 109): Deriva de 0.0021
- Pared013 (Figura 110): Deriva de 0.0024

5.4.2 Definición de la vulnerabilidad del edificio en función de las derivas obtenidas en paredes

En función de los resultados obtenidos de las derivas en los elementos de mampostería se concluye que la vulnerabilidad del edificio es baja, como se puede observar en las tablas 56, 57, 58, 59, 60 y 61 (Figura 111), en todas las plantas del edificio predominan las paredes con un estado de daño tipo 1 (Figura 111) siendo evidente que más del 90% de elementos de mampostería no representan una amenaza.

VULNERABILIDAD TOTAL DEL EDIFICIO DE POSTGRADOS				
Plantas	Metro lineal Total [m]	Promedio Deriva	Porcentaje [%]	Interpretación
Planta subsuelo _ N= -3,60	87.74	0.0018	91.91	Vulnerabilidad baja
	7.10	0.0048	8.09	Vulnerabilidad Alta
Planta baja_ N= ±0,00	67.75	0.0017	90.51	Vulnerabilidad baja
	7.10	0.0047	9.49	Vulnerabilidad Alta
Primera planta alta_ N= +3,60	72.39	0.0007	100.00	Vulnerabilidad baja
Segunda planta alta _ N= +7,20	78.94	0.0005	100.00	Vulnerabilidad baja
Tercera planta alta _ N= +10,80	69.99	0.0014	100.00	Vulnerabilidad baja
Vulnerabilidad Total	376.81	0.0012	96.37	Vulnerabilidad baja
	14.20	0.0048	3.63	Vulnerabilidad Alta

Tabla 56: Tabla Resumen de la determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas.

Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

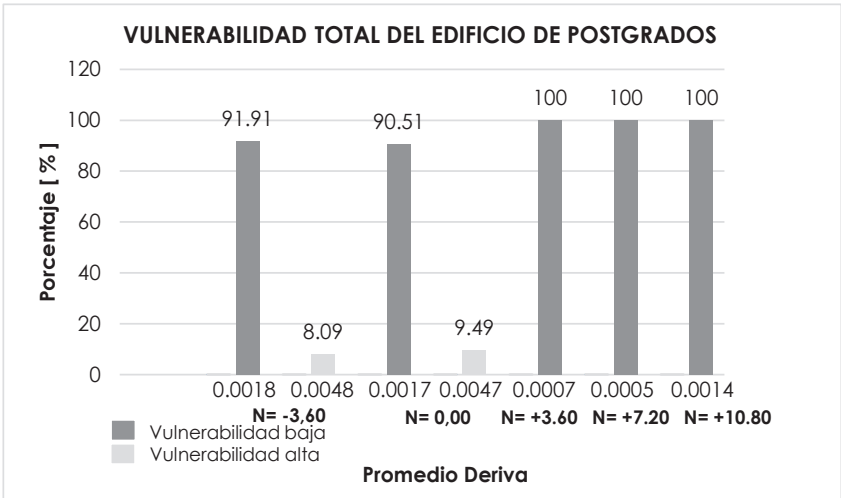


Figura 111: Gráfica de los resultados obtenidos en la determinación de la vulnerabilidad total del edificio de Postgrados
Elaboración: AVECILLAS & BURUHUAN (2021).

DERIVA TOTAL PLANTA SUBSUELO_ N= -3.60							
Estado de daño	Pared	Deriva Total	Metro lineal [m]	Metro lineal Total [m]	Promedio Deriva	Porcentaje [%]	Interpretación
DS1	1	0.0018	7.05	47.46	0.0012	54.09	Cumple con el límite permisible, aparición de pequeñas grietas de hasta 0.002 mm de ancho
	8	0.0013	2.05				
	9	0.0007	6.50				
	10	0.0016	5.14				
	11	0.0008	4.67				
	12	0.0011	2.48				
	14	0.0008	5.80				
	15	0.0018	3.31				
	16	0.0015	7.05				
	18	0.0006	1.30				
DS2	3	0.0022	7.10	33.18	0.0025	37.82	Cumple con el límite permisible, aparición de grietas significativas superiores a los 0.002mm.
	4	0.0033	7.10				
	5	0.0021	7.10				
	6	0.0024	1.74				
	7	0.0029	2.11				
	13	0.0024	5.90				
	17	0.0024	1.30				
	20	0.0021	0.83				
DS3	2	0.0048	7.10	7.10	0.0048	8.09	Infringe el límite permisible, desarrollo de grandes grietas en su mayoría son superiores a los 0.004mm
Sumatoria de paredes que cumple con el límite permisible			87.74		0.0018	91.91	Vulnerabilidad baja
Sumatoria de paredes que infringe el límite permisible			7.10		0.0048	8.09	Vulnerabilidad Alta

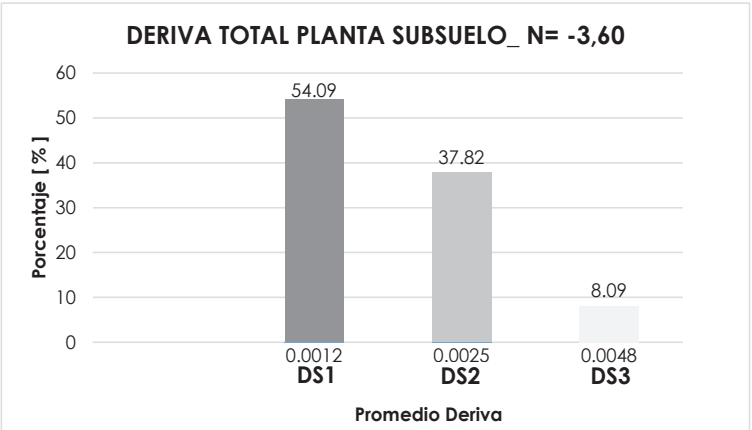


Tabla 57: Determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas _ Nivel = -3.60
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

Figura 112:: Gráfica de resultados obtenidos en la determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas _ Nivel = -3.60
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

DERIVA TOTAL PLANTA BAJA_ N= 0.00							
Estado de daño	Pared	Deriva Total	Metro lineal [m]	Metro lineal Total [m]	Promedio Deriva	Porcentaje [%]	Interpretación
DS1	23	0.0018	7.10	37.41	0.0009	49.98	Cumple con el límite permisible, aparición de pequeñas grietas de hasta 0.002 mm de ancho
	27	0.0006	1.30				
	28	0.0013	2.11				
	29	0.0002	2.05				
	30	0.0003	1.30				
	31	0.0006	6.50				
	32	0.0013	5.80				
	34	0.0013	2.80				
	35	0.0003	3.20				
	36	0.0003	2.47				
DS2	37	0.0018	2.78	30.34	0.0025	40.53	Cumple con el límite permisible, aparición de grietas significativas superiores a los 0.002mm.
	21	0.0021	7.05				
	24	0.0022	7.10				
	25	0.0032	7.10				
	26	0.0029	1.74				
	33	0.0021	7.35				
DS3	22	0.0047	7.10	7.10	0.0047	9.49	Infringe el límite permisible, desarrollo de grandes grietas en su mayoría son superiores a los 0.004mm
Sumatoria de paredes que cumple con el límite permisible			67.75		0.0017	90.51	Vulnerabilidad baja
Sumatoria de paredes que infringe el límite permisible			7.10		0.0047	9.49	Vulnerabilidad Alta

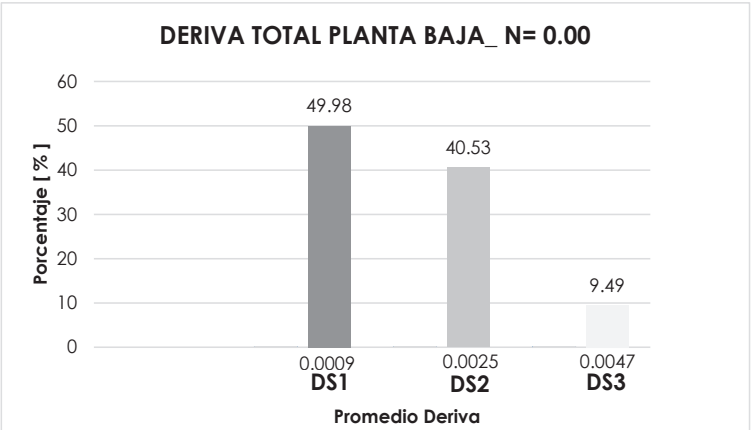


Tabla 59: Determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas _ Nivel = +-0.00
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

Figura 113: Gráfica de resultados obtenidos en la determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas _ Nivel = +-0.00
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

DERIVA TOTAL PLANTA SUBSUELO_ N= +3.60							
Estado de daño	Pared	Deriva Total	Metro lineal [m]	Metro lineal Total [m]	Promedio Deriva	Porcentaje [%]	Interpretación
DS1	38	0.0004	2.30	72.39	0.0007	100.00	Cumple con el límite permisible, aparición de pequeñas grietas de hasta 0.002 mm de ancho
	39	0.0004	2.11				
	40	0.0018	1.74				
	41	0.0004	7.10				
	42	0.0003	1.30				
	43	0.0003	1.30				
	44	0.0004	7.10				
	45	0.0005	7.10				
	46	0.0008	7.10				
	47	0.0008	6.55				
	48	0.0005	5.80				
	49	0.0005	2.80				
	50	0.0013	5.80				
	51	0.0003	5.70				
	52	0.0009	1.69				
	53	0.0020	6.90				
Sumatoria de paredes que cumple con el límite permisible			72.39		0.0007	100.00	Vulnerabilidad baja

Tabla 59: Determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas _ Nivel = +3.60
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

DERIVA TOTAL PLANTA SUBSUELO_ N= +7.20							
Estado de daño	Pared	Deriva Total	Metro lineal [m]	Metro lineal Total [m]	Promedio Deriva	Porcentaje [%]	Interpretación
DS1	54	0.0005	2.30	78.94	0.0005	100.00	Cumple con el límite permisible, aparición de pequeñas grietas de hasta 0.002 mm de ancho
	55	0.0004	2.11				
	56	0.0006	1.74				
	57	0.0006	7.10				
	58	0.0003	1.30				
	59	0.0002	1.30				
	60	0.0005	6.40				
	61	0.0003	6.40				
	62	0.0004	6.60				
	63	0.0006	6.55				
	64	0.0006	5.80				
	65	0.0005	5.80				
	66	0.0005	5.70				
	67	0.0010	2.47				
	68	0.0006	2.78				
	69	0.0004	2.80				
	70	0.0009	3.20				
	71	0.0008	1.69				
	72	0.0006	6.90				
Sumatoria de paredes que cumple con el límite permisible			78.94		0.0005	100.00	Vulnerabilidad baja

Tabla 60: Determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas _ Nivel = +7.20
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

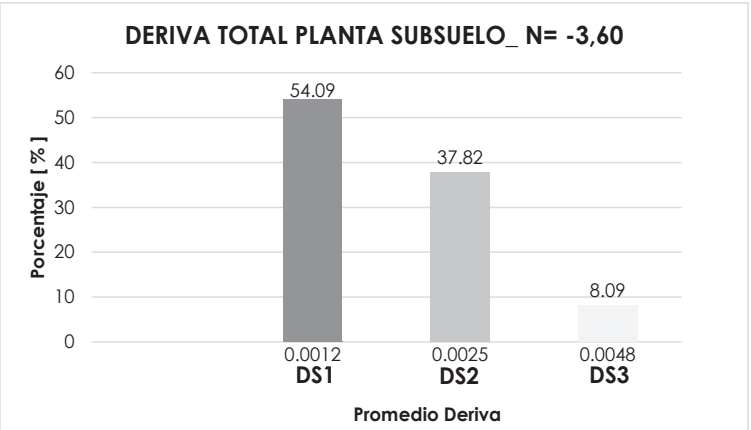


Figura 114: Gráfica de resultados obtenidos en la determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas _ Nivel = +3.60
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

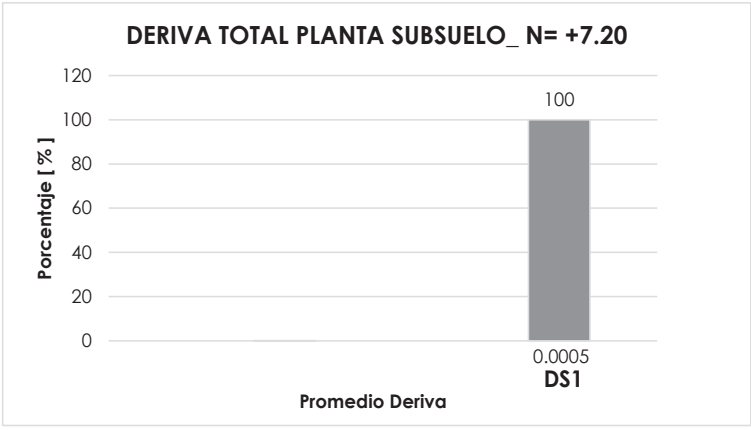


Figura 115: Gráfica de resultados obtenidos en la determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas _ Nivel = +7.20
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

DERIVA TOTAL PLANTA SUBSUELO_ N= +10.80							
Estado de daño	Pared	Deriva Total	Metro lineal [m]	Metro lineal Total [m]	Promedio Deriva	Porcentaje [%]	Interpretación
DS1	73	0.0004	2.30	67.39	0.0007	96.29	Cumple con el límite permisible, aparición de pequeñas grietas de hasta 0.002 mm de ancho
	74	0.0009	2.11				
	75	0.0009	1.74				
	76	0.0008	6.60				
	77	0.0007	6.40				
	78	0.0010	6.40				
	79	0.0006	6.60				
	80	0.0012	6.55				
	81	0.0006	5.80				
	82	0.0004	5.80				
DS2	83	0.0005	5.70	2.60	0.0021	3.71	Cumple con el límite permisible, aparición de grietas significativas superiores a los 0.002mm.
	84	0.0004	2.80				
	85	0.0011	1.69				
	86	0.0008	6.90				
	87	0.0022	1.30				
Sumatoria de paredes que cumple con el límite permisible				69.99	0.0014	100.00	Vulnerabilidad baja

Tabla 61: Determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas _ Nivel = +10.80
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

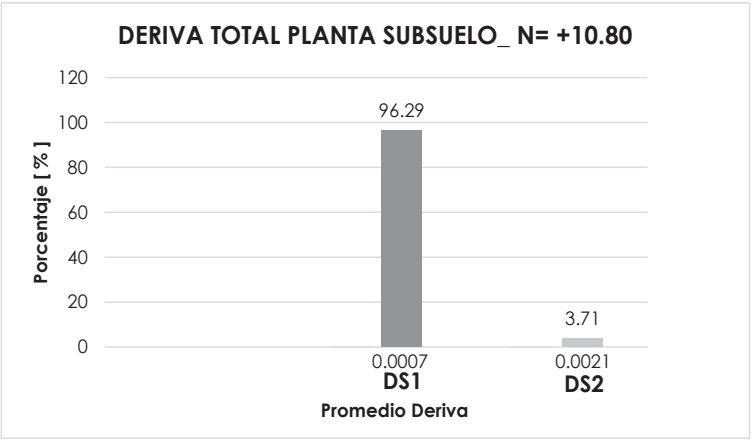


Figura 116: Gráfica de resultados obtenidos en la determinación de la vulnerabilidad en base a la interpretación de resultados obtenidos a partir de las derivas calculadas _ Nivel = +10.80
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

5.4.3 Vulnerabilidad de las losas de entrepiso

En función de los resultados obtenidos de las derivas en los elementos de losa, se concluye que la vulnerabilidad del edificio es baja, debido a que el valor máximo identificado en las tablas del cálculo de derivas de entrepiso es de 0.003 mm.

Así mismo, al hacer referencia de estos valores con la tabla de los umbrales de daño descritos por Vielma et al., (2008), se observa que todas las derivas de las losas se encuentran en el rango de $0\% \leq d \leq 0.5\%$, lo cual significa que estos elementos poseen baja o nula vulnerabilidad debido a que dicho rango describe que no existe daño para elementos estructurales secundarios en la edificación. Cumpliendo además con la Norma Ecuatoriana de la Construcción al poseer valores de deriva inferiores al máximo admitido de 0.02.

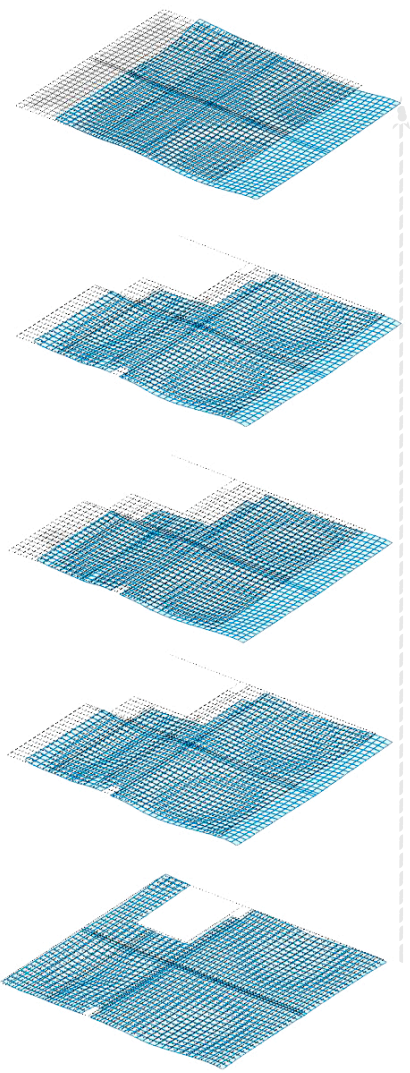


Figura 117: Explotado de la deformación en el sentido “x”, en perspectiva 3D, de las losas de entrepiso de los niveles: -3.60, +-0.00, +3.60, +7.20, +10.80 y 14.00.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

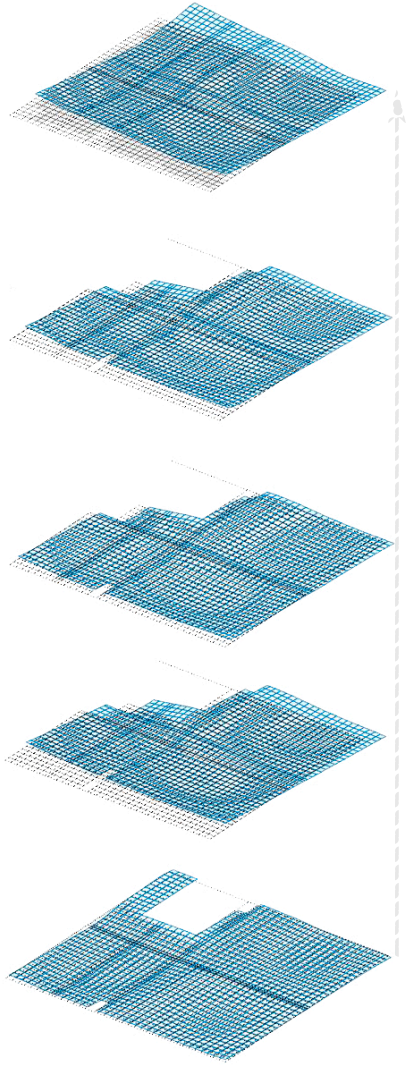


Figura 118: Explotado de la deformación en el sentido “y”, en perspectiva 3D, de las losas de entrepiso de los niveles: -3.60, +-0.00, +3.60, +7.20, +10.80 y 14.00.
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2021).

5.5 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SEGURAS O DE MENOR RIESGO DENTRO DE LA EDIFICACIÓN

5.4.1 Identificación de las áreas de menor riesgo

Para la gestión de la seguridad sísmica del edificio de Postgrados se tomará en cuenta el análisis previo de la deriva en paredes y sus posibles estados de daño, además de las recomendaciones para la identificación de zonas de menor riesgo o seguras, para lo cual, en una edificación una zona de menor riesgo o segura es aquella que se encuentra protegida o alejada de la caída o volcamiento de cualquier tipo de objeto.

5.4.1.1 Esquemas por planta del edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura

En las áreas que tienen nivel -3.60 y -0.00 (Figuras 119, 120) existen salidas directas hacia el exterior, para ello la evacuación de la edificación se realizará en menos del tiempo recomendado (30 a 60 segundos), sin embargo en caso de no existir esa alternativa la zona más segura sería el área central de la edificación, es decir, el área donde se ubica el trabe principal de la columna con las vigas. Se identifica también que solo una pared por planta tiene el riesgo de colapsar, lo que se considera como zona de riesgo al igual que las paredes que poseen ventanas.

Para las plantas de los niveles $+3.60$, $+7.20$ y $+10.80$ (Figuras 121, 122, 123) las zonas que comprenden riesgo inminente son las paredes que poseen ventanas

dado que las derivas del resto de paredes se hallan en 0.002. Se identifica que los espacios más seguros son: el área central de la edificación, es decir, el área donde se ubica el trabe principal de la columna con las vigas, además de las áreas alrededor de las paredes que poseen el estado de daño tipo 1.

Para estos pisos no se recomienda la inmediata evacuación de la edificación debido a que el área de circulación vertical posee una fachada completa de vidrio.

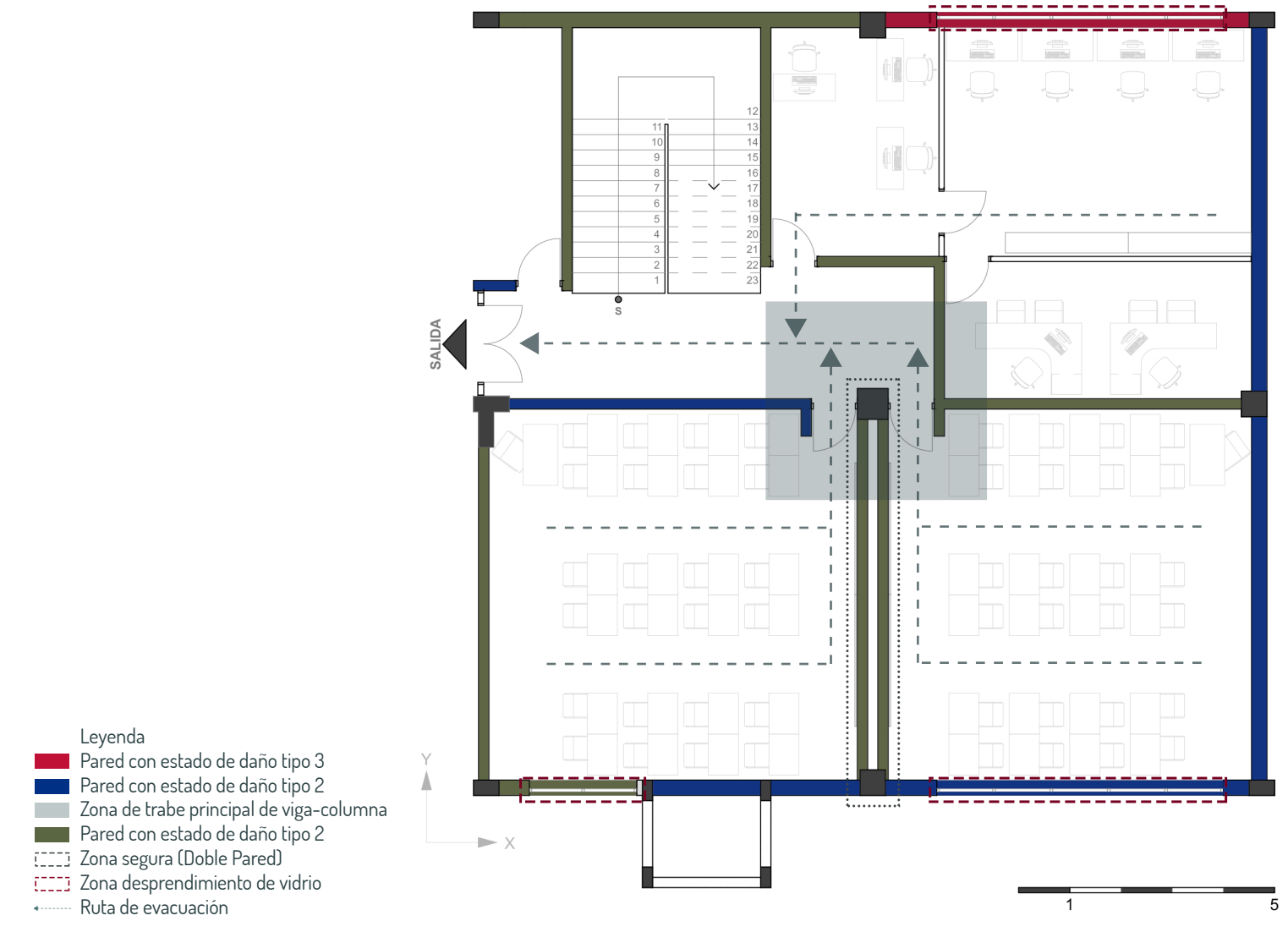


Figura 119: Identificación de zonas seguras en la edificación _ N=-3.60
Elaboración: Avecillas & Buruahuan (2020).

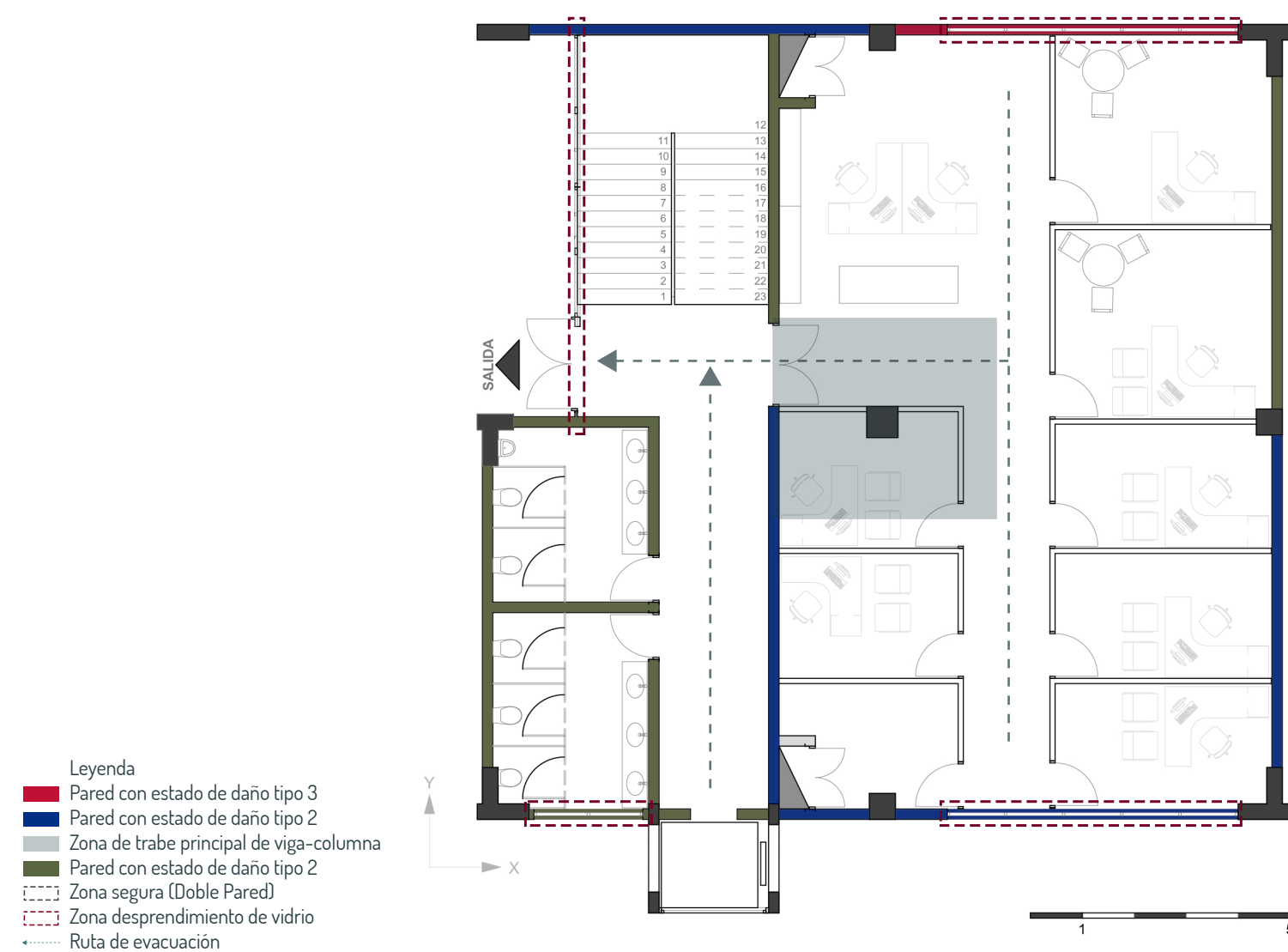


Figura 120: Identificación de zonas seguras en la edificación _ N=+-0.00 _
Esc: 1:125
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2020).

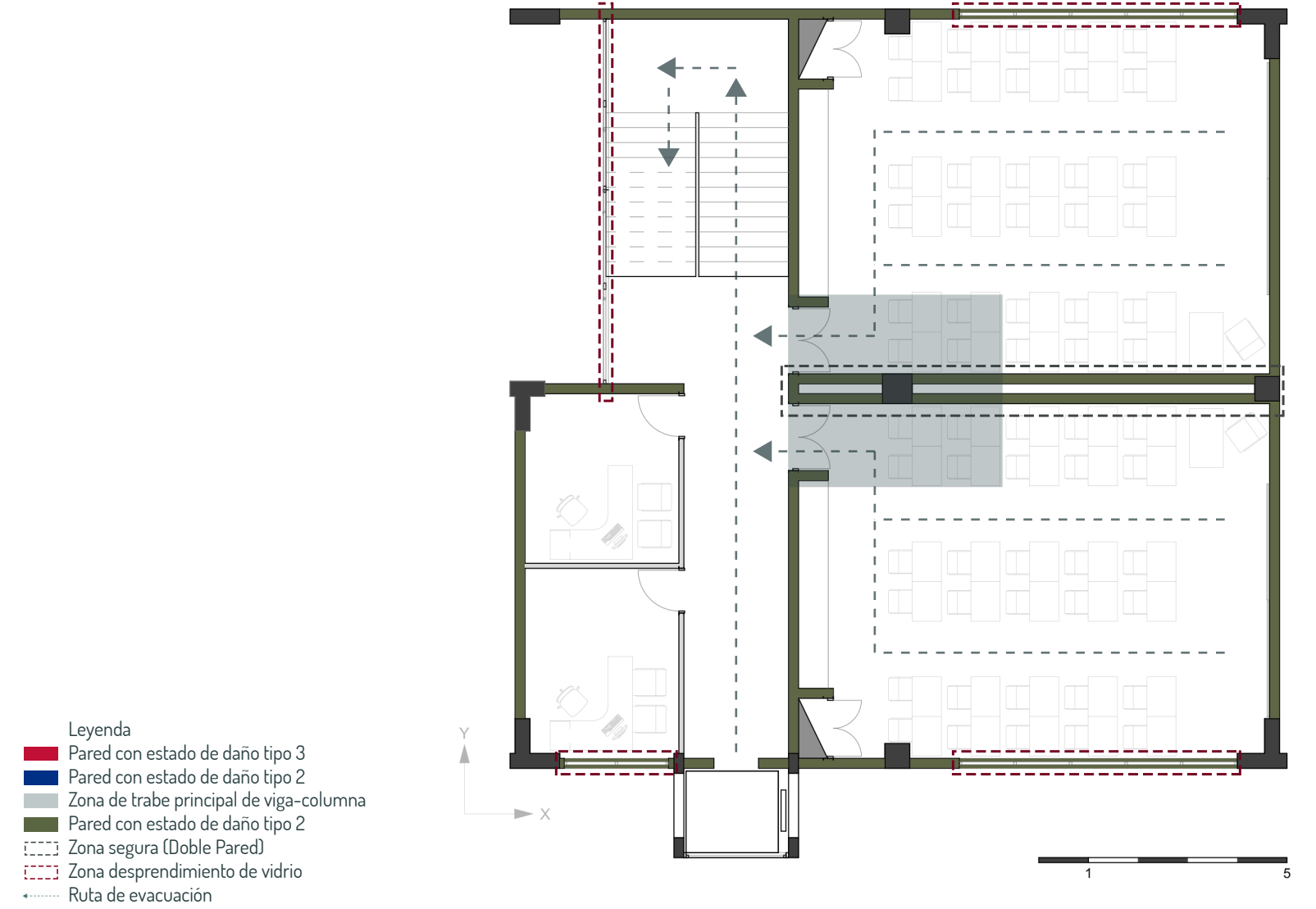


Figura 121: Identificación de las zonas seguras en la edificación _ N=+3.60
Esc: 1:125
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2020).

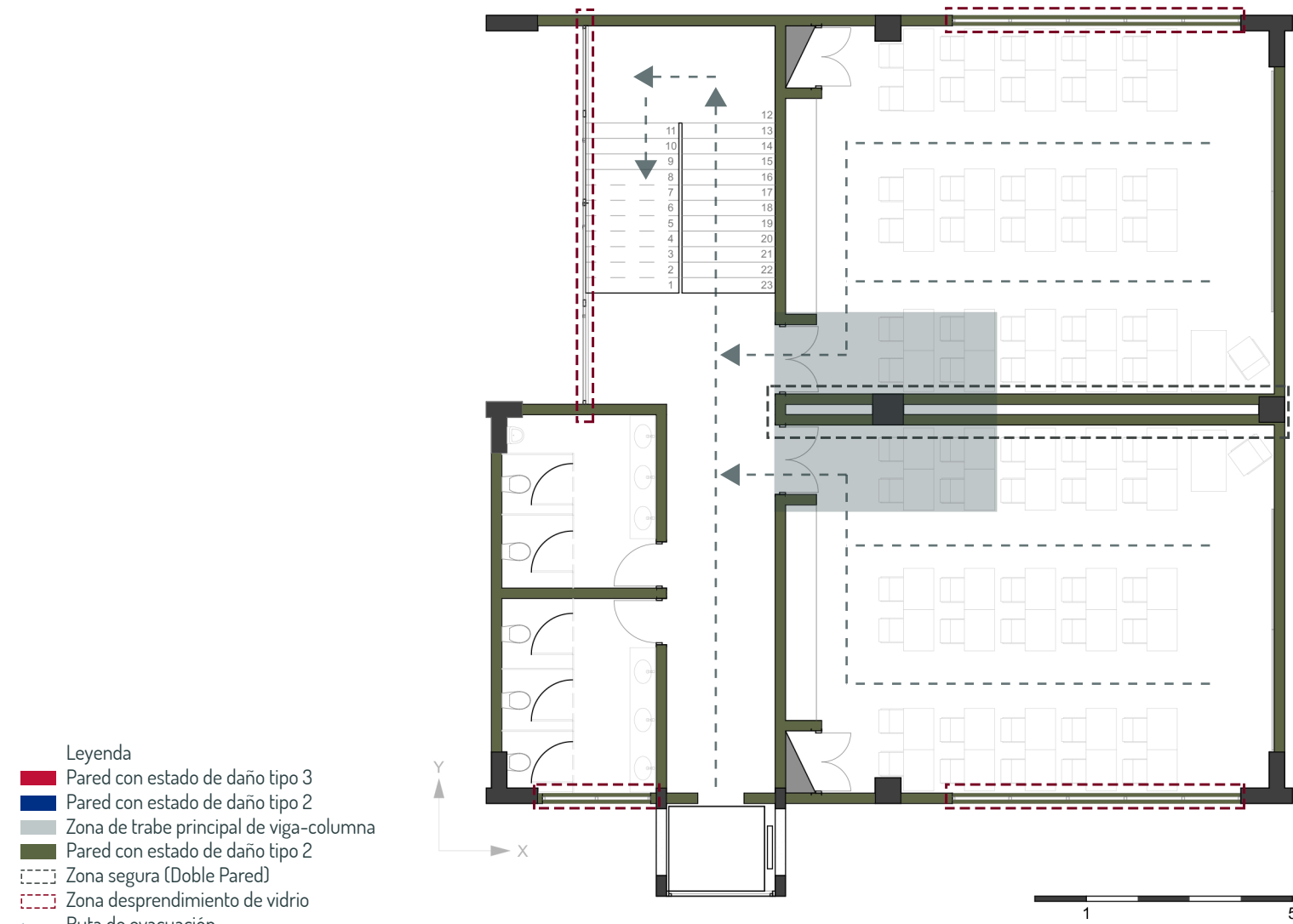


Figura 122: Identificación de las zonas seguras en la edificación _ N=+7.20
Esc: 1:125
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2020).

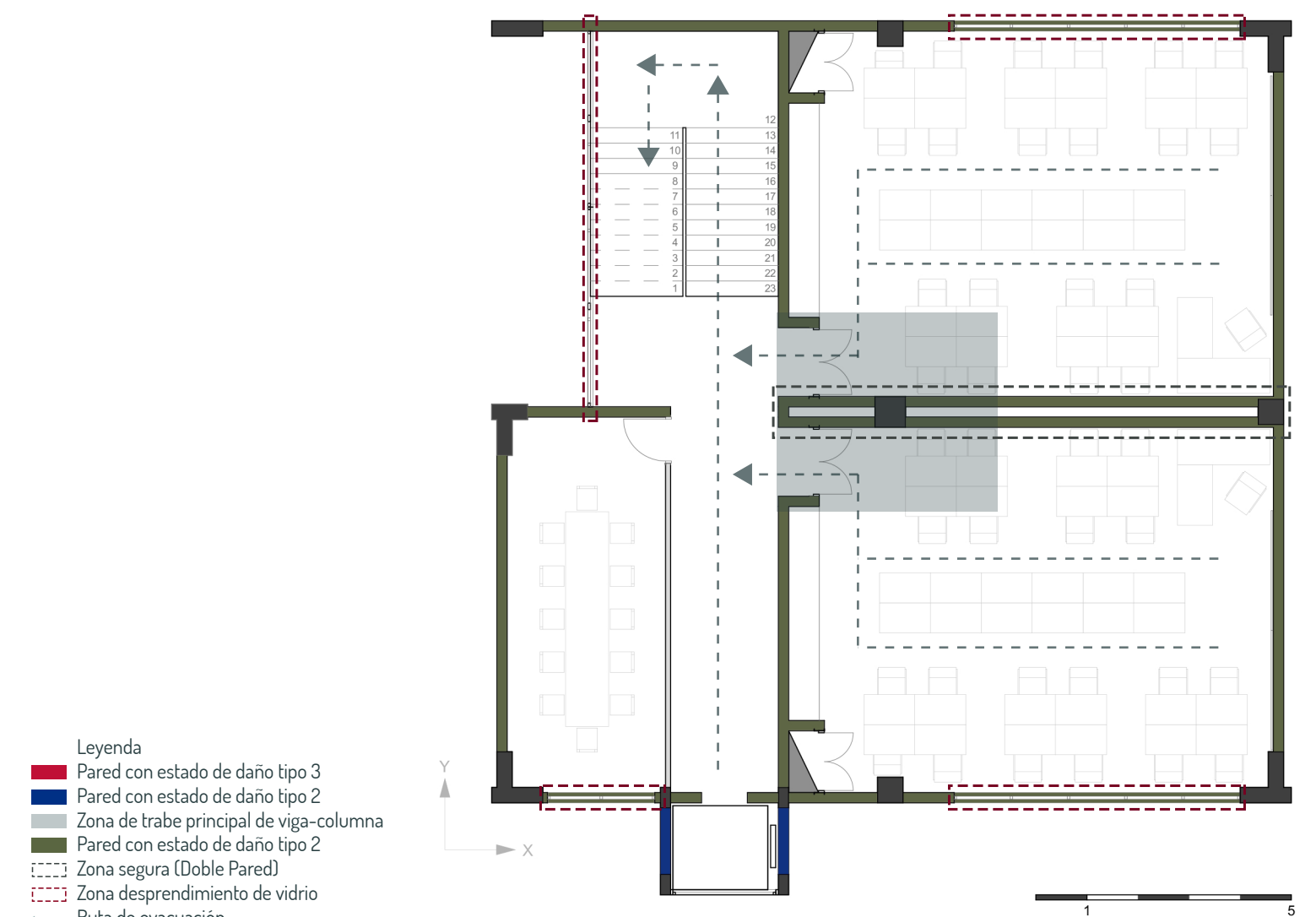


Figura 123: Identificación de las zonas seguras en la edificación _ N=+10.80
Esc: 1:125
Elaboración: Avecillas & Buruhuan (2020).

5.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica de una estructura, forma parte de una de las fases más importantes dentro de un estudio, cuyo objetivo es el minimizar el riesgo sísmico en edificios, dado que la vulnerabilidad estructural es una característica propia de la edificación es la responsable de la capacidad de respuesta ante las solicitaciones impuestas por un sismo.

Para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones existen diversas metodologías que permiten a través de parámetros como: tipología, características de los elementos estructurales y no estructurales etc., definir su contribución al riesgo o establecer los posibles daños sobre la estructura. Un porcentaje considerable de estas metodologías desarrolladas en las investigaciones son efectuadas mediante el uso de métodos simples contenidos en los códigos de diseño sísmico propios de cada país, dando como resultado un comportamiento poco real de las estructuras. Por lo cual, durante el desarrollo del presente trabajo de titulación y del estudio de diversas metodologías y parámetros de vulnerabilidad se volvió imprescindible optar por seguir determinadas líneas de trabajo que apunten directamente hacia los objetivos trazados y que nos permita responder de manera satisfactoria la pregunta de investigación planteada. De este modo, el alcance del presente trabajo de titulación es identificar a través del análisis modal la respuesta de la

estructura del edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura ante un sismo y definir las zonas de menor riesgo. Para cumplir este objetivo se establece como base principal realizar una recopilación de información detallada de los parámetros sísmicos y estructurales. A partir de lo cual se obtiene un modelo matemático confiable que sea capaz de representar fielmente un escenario sísmico.

Como se sabe, para determinar el comportamiento convencional de la estructura y la estimación de la vulnerabilidad sísmica en estructuras de varios pisos se han utilizado comúnmente programaciones simplificadas sobre todo en los principios de resistencia. Sin embargo, cuando se analiza una estructura bajo esta concepción que incluye de alguna manera un principio de ductilidad deficiente, este resulta burdo y no garantiza un resultado confiable respecto al desempeño estructural bajo la suposición de producirse un movimiento sísmico. Usualmente sobresale que en los análisis realizados muchas veces no se considera la influencia de los elementos de mampostería, siendo así que la rigidez de estos elementos se pasa por alto en los modelos de análisis estructural, como ejemplo la Norma Ecuatoriana de la Construcción, la cual para el proceso de análisis y diseño de estructuras aporticadas usualmente asume que solo la cimentación, las columnas y las vigas integran el esqueleto estructural y son las únicas que merecen el estudio de rigidez,

resistencia y ductilidad, mientras que la mampostería es utilizada como una carga de gravedad pasando por alto el aporte de la rigidez de las paredes al desempeño del conjunto estructural.

Dado que la interacción entre los elementos de mampostería y los pórticos que los contienen puede alterar de manera significativa la concepción del diseño convencional y al considerar que a lo largo de los años se ha demostrado que las paredes en caso de sismo han sido las responsables del mayor número de fallas, siendo el peor escenario el derrumbe o colapso del elemento. Se considera fundamental que para desarrollar un plan de mitigación de riesgo dentro de los edificios, uno de los puntos principales de análisis sea el estudio de la mampostería mediante parámetros que permitan cuantificar el daño y determinar si es o no vulnerable.

Sobre esta base conceptual y mediante el análisis modal espectral en base al método de elementos finitos fue posible obtener la respuesta de la estructura ante cargas laterales y los resultados finales se definen a partir de la obtención de las derivas correspondientes a los elementos que conforman el sistema constructivo principal y los elementos de mampostería, los valores de los mismos se comparan con los parámetros establecidos por Chiozzi & Miranda, (2017) y Vielma et al., (2008) para definir un estado de daño y deter-

minar si estos se encuentran por debajo de los umbrales de falla o si el comportamiento no satisface las solicitaciones sísmicas al exceder los rangos límites del estado de daño, para finalmente definir qué elemento es vulnerable y representa una zona de peligro en la edificación.

De esta manera los resultados demuestran que los valores obtenidos de los elementos analizados en el ítem 5.4 del capítulo 5 no llegan a la fase de falla completa del elemento según los trabajos antes mencionados, sin embargo se toma en cuenta que aunque la Norma Ecuatoriana de la Construcción permite derivas en paredes de hasta 0.01 el trabajo de Chiozzi & Miranda, (2017) determina que el estado de daño último comienza a partir 0.06, por el contrario mientras que el trabajo de Vielma J. C. et al., (2008) define que el estado límite de una deriva de entrepiso es de 0.03. La NEC en este punto es más conservadora puesto que admite una deriva máxima de 0.02 para un sistema de hormigón armado. Por consiguiente, a pesar de las diferencias encontradas entre los trabajos que sirvieron como sustento para determinar el estado de daño con la Norma Ecuatoriana de la Construcción, los resultados obtenidos cumplen de manera satisfactoria las expectativas de un buen comportamiento sísmico.

Finalmente respondiendo a la pregunta de hipótesis,

¿A través del resultado del análisis dinámico se podrá identificar los elementos más vulnerables ante un movimiento sísmico en el Edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura, para así obtener las zonas más seguras de la edificación?, la respuesta concreta es sí, durante el desarrollo del trabajo de titulación se ha comprobado que el análisis dinámico nos permite determinar los desplazamientos de la edificación y el comportamiento gobernante a partir de los modos de vibrar para finalmente obtener las derivas de los elementos constructivos. Los valores de deriva de los elementos de mampostería en el trabajo son la pieza fundamental, puesto que nos permiten clasificar a las paredes según su estado de daño para en lo posterior con ayuda de un esquema en planta identificar las zonas “seguras” (menor riesgo) en la edificación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

06

CONCLUSIONES
RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El presente trabajo de tesis se basó en un proceso que implicó simular el edificio de Postgrados ante fuerzas sísmicas mediante el análisis modal aplicado al método de elementos finitos. Para obtener un modelo matemático confiable en el programa de análisis se nos permite integrar características geométricas y mecánicas de los materiales con las respectivas condiciones de apoyo para cada uno de los elementos estructurales del edificio, así como la combinación de cargas con el respectivo espectro de diseño para el caso de la Ciudad de Cuenca, definiendo así un análisis modal espectral del cual obtenemos resultados como: la cantidad total de masa desplazada durante sismo del edificio en base a sus 10 modos de vibración, los cuales oscilan entre periodos de 0.3420 s a 0.1082 s. Los dos primeros modos de vibración sobresalen debido a que representan el comportamiento gobernante de la edificación al obtener la mayor cantidad de masa desplazada con valores de 68,94% en “x” y 65,80% en “y”.

Así mismo al trabajar con el método de elementos finitos se nos permite conocer los desplazamientos individuales de los nodos y mediante un postproceso de estos datos se obtiene como resultado que los valores de las derivas y estados de daño de los elementos losa y mampostería se encuentran por debajo de los estados límites de daño admitidos. Para concluir, en base de los estados de daño obtenidos de las mamposte-

rias se identifican las zonas seguras o de menor riesgo a partir de la exclusión de las paredes que estén entre los rangos de previo colapso.

De los datos obtenidos del programa y de realizar un postproceso con los valores se obtuvo:

1. De acuerdo con el análisis de derivas de losas estas cumplen con el límite de desplazamiento admitido, teniendo un valor máximo de 0.0034 en el eje x y de 0.003 en el eje y, valores muy por debajo del límite de 0.02. De igual manera, las derivas calculadas en paredes llegan a un valor máximo de 0.0048 menor que el límite admitido para mampostería de 0.01.

Se cumplen de manera satisfactoria las derivas máximas admitidas en pisos y paredes, siendo uno de los requisitos para poder calificar al edificio con un buen comportamiento sísmico.

2. Las zonas de menor riesgo identificadas se encuentran en:

- La primera zona está definida por el trabe de la columna principal con las vigas de amarre, lo cual se reproduce en todas las plantas del edificio.
- La segunda zona se identifica después de la observación de los estados de daño en las paredes, para lo cual obtenemos:

- Planta Nivel -3.60: del total de paredes existentes un 54.09% pertenece al estado de daño tipo 1, un 37.82% al estado de daño tipo 2 y un 8.09% al estado de daño tipo 3.
- Planta Nivel +-0.00: del total de paredes existentes un 49.98% pertenece al estado de daño tipo 1, un 40.53% al estado de daño tipo 2 y un 9.49% al estado de daño tipo 3.
- Plantas Nivel +3.60 y +7.20: se obtienen valores solamente para el estado de daño tipo 1, donde ninguna pared presenta estados de previo a colapso o colapso total.
- Planta Nivel +10.80: del total de paredes existentes un 96.29% pertenece al estado de deterioro tipo 1 y un 3.71% al estado de daño tipo 2.

El predominio de los valores que pertenecen al estado de daño tipo 1 en todas las plantas de la edificación, arroja como resultado que existen más zonas que no poseen peligro de colapso de paredes. Siendo seguro utilizar estas paredes como zonas de resguardo, siempre que la pared no cuente con vanos de ventanas por el tema de desprendimiento de vidrio.

3. Para expresar la vulnerabilidad del edificio de Postgrados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo se toma en cuenta los valores de deriva de los elementos de mampostería y de entrepiso como un parámetro para cuantificar el daño. De esta manera, podemos

expresar que la vulnerabilidad que presenta el edificio de Postgrados es baja, esto debido a que la mayor vulnerabilidad estructural se concentra sobre dos elementos de mampostería, específicamente la pared 02 y 022 sobresalen debido a las derivas de 0.0048 y 0.0047 que poseen respectivamente, siendo estos valores característicos por calificar a la mampostería con un estado de daño tipo tres (previo colapso), así pues, si estos elementos no son capaces de tener un adecuado comportamiento ante acciones producidas por sismo serán vulnerables en dicho evento. Por el contrario, a pesar de que existe una cantidad considerable de paredes con estado de daño tipo dos en las plantas de nivel -3.60 y +-0.00, estas no se consideran de mayor riesgo dado que el resultado de su comportamiento es presentar grietas en un rango de entre 0.002 y 0.004 mm sin riesgo a colapso. Así mismo, como se definio en la tabla 56 los elementos predominantes son los que poseen un estado de daño tipo 1 en toda la edificación, con un 96.37% de todos los elementos de mampostería, resultado que nos permite definir una baja vulnerabilidad.

En cuanto al comportamiento del sistema constructivo principal (hormigón armado), podemos indicar que cumple ante las solicitaciones producidas por sismo, debido a que los elementos como: columnas, vigas y losas no poseen deficiencias ni desplazamientos significativos. Esto se basa en que el valor más

representativo de deriva calculado en las tablas 48 y 49 en “x” es de 0.0034 y en “y” de 0.003, valores que se encuentran por debajo del valor máximo admitido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Peligro sísmico” de 0.02. Así mismo, a partir de los valores de deriva de entrepiso obtenidos y de ubicar estos en la tabla 47 (Estados de daño y los parámetros utilizados para su caracterización) se determina que la edificación posee un estado sin daño, es decir, que las características del desplazamiento lateral no alcanzan o no son suficientes para provocar daños ya sea en elementos estructurales principales o secundarios.

Sirve como apoyo para recalcar la baja vulnerabilidad del edificio el hecho de que la configuración arquitectónica y estructural analizada en el capítulo 4 sigue los lineamientos planteados por la Norma Ecuatoriana de la Construcción capítulo “Vivienda”, al cumplir con los parámetros de regularidad y proporción en planta y elevación, continuidad de columnas y la disposición de muros y aberturas. Donde mediante la valoración de los puntos anteriormente descritos, se concluye que el edificio de Postgrados presenta un bajo nivel de vulnerabilidad por el tipo de concepción espacial y estructural que posee.

6.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar los estudios de vulnerabilidad sísmica como una herramienta para mitigar los efectos de fenómenos naturales sobre las construcciones.
2. Para obtener una mayor precisión de cálculo para futuros análisis se sugiere realizar más ensayos no destructivos sobre todos los elementos estructurales y en muros de mampostería. Esto como medida para obtener resultados mucho más acercados a la realidad.
3. Los programas como SAP2000 y Matlab permiten optimizar los resultados que se efectúan de la valoración de la estructura debido a las iteraciones continuas que se ejecutaron para llegar a resultados más acertados. Estos programas al mismo tiempo requieren de un proceso minucioso en la etapa de introducción de datos del edificio a analizar.
4. Al momento de comenzar con el dibujo en el software elegido se recomienda prestar especial atención a las conexiones en cada elemento, las cuales siempre deben estar de eje a eje y conectadas entre sí.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- ACI-318. (2014). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318SUS-14).
- Aguilar, R., & Mielles, Y. (2016). Analysis of buildings that collapsed of Portoviejo during the earthquake of 16 april 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 21, 257–282.
- Álvarez G, J. L. (2002). El principio de la Inercia. *Ciencias* 67, 4–15. <http://revistas.unam.mx/index.php/cns/article/viewFile/11844/11166>
- Arancibia, S. C., Prieto, M. B., Saldías, H., Vargas, J., & Jorquera, N. (2011). La arquitectura en tierra frente al sismo : conclusiones y reflexiones tras el sismo en Chile del 27 de febrero de 2010. 39–54.
- Araujo, L. (n.d.). Historia sísmica del ecuador. 1–24.
- Arnold, C., & Reitherman, R. (1987). Configuración y diseño sísmico de edificios.
- ASTM, I. (2016). Método de prueba estándar para la velocidad de pulso a través del concreto. 1–9.
- Barbat, A. H., Carreño, M. L., Cardona, O. D., & Marulanda, M. C. (2011). Evaluación holística del riesgo sísmico en zonas urbanas. 3–27.
- Barreto, A., & Ganshi, R. (2018). Evaluación de columnas de hormigón armado mediante métodos no destructivos.
- Bazán, E., & Meli, R. (n.d.). Edificios.
- Bohórquez Avila, C. ., & Alvarado, B. (n.d.). Simulador de estructuras reticulares. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Briseño, S. (2001). La reducción del riesgo de los desastres como parte esencial del desarrollo sostenible.pdf. In *Revista EIRD Informa-América Latina y el Caribe*.
- Cañizares, F. (Grupo G. (2016). Sismo De Pedernales 16 Abril 2016. Mayo.
- Castro Osorno, A. K., & Pérez Pérez, J. M. (2016). Espectro de diseño y zonificación sísmica basada en periodos fundamentales de vibración de los suelos, en el área urbana de la ciudad de Mateare.
- Ceballos Cantos, L. V. (2017). Análisis de las derivas de pisos y asentamientos producidos por el sismo del 16 de A. a través del software etabs con la Nec-2015 del edificio Geovanny Soria ubicado en la calle 108 y Av. 108, del cantón Manta, Provincia de Manabí. 110(9), 1689–1699.
- Chiozzi, A., & Miranda, E. (2017). Fragility functions for masonry infill walls with in x plane loading. *December 2016*, 1–20. <https://doi.org/10.1002/eqe.2934>
- Chopra, A. K. (2014). *Dinámica de estructuras* (Cuarta). Pearson Education, Inc.
- Chunga, K., Michetti, A., Gorshkov, A., Panza, G., Soloviev, A., & Martillo, C. (2011). Aplicación del método de zonación morfo-estructural para identificar nudos sismogénicos en la región costera y cadenas montañosas de los andes septentrionales del ecuador. 16(1), 2010–2011.
- Cordero Camacho, M. E. (2017). Modelo estructural calibrado y análisis dinámico del Edificio Central del Instituto Costarricense de Electricidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- CSI SPAIN. (2019). SAP2000 Modelado y Cálculos de estructuras a través de Elementos Finitos. Computers and Structures, Inc. Spain, 12. <https://www.csiespana.com/software/2/sap2000#>
- Dalibor, K., Petr, M., & Petr, C. (2019). Characteristic Curve and Its Use in Determining the Compressive Strength of Concrete by the Rebound Hammer Test. *Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology*. <https://doi.org/10.3390/ma12172705>
- De la Colina Martínez, J., & Ramírez de Alba, H. (1999). Sismos y efectos. *Ciencia Ergo Sum*, 6, 83–89.
- Delgado-Castro, C. G. (2016). Ingeniería sísmica , fundamentos matemáticos en la reducción de riesgo sísmico Earthquake engineering , mathematical foundations in reducing seismic risk Engenharia sísmica , fundamentos matemáticos na redução do risco sísmico Resumen Resúmen. *Revista Científica, Dominio de Las Ciencias*, 2, 432–443.
- Delgado, K. (2015). Eventos sísmicos ocurridos en Ecuador.
- Domínguez Caicedo, M. (2014). Periodos de vibración de las edificaciones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 8, 1–13. <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193932724001.pdf>
- Doocy, S., Daniels, A., Packer, C., Dick, A., & D. Kirsch, T. (2013). El impacto humano de los terremotos: una revisión histórica de los eventos de 1980–2009 y una revisión sistemática de la literatura. <https://doi.org/https://doi.org/10.1371/currents.dis.67bd14fe457f1db0b5433a8ee20fb833>
- Durand, R., Gonzáles, M., & Ruiz, J. (2018). Evaluación del comportamiento estructural del edificio el Marvy.pdf. *Ciencia En Su Pc*, 1.
- Eduardo Frías Valero. (2004). Aportaciones al estudio de las máquinas eléctricas de flujo axial mediante la aplicación del método de los elementos finitos_El Metodo De Los Elementos Finitos (Mef Ó Fem). Aportaciones Al Estudio De Las Maquinas Electricas De Flujo Axial Mediante La Aplicacion Del Metodo De Los Elementos Finitos, 111–144.
- EERI. 1984. EERI Committee on Seismic Risk: Glossary terms for probabilistic seismic risk and hazard analysis. *Earthquake Spectra* 1, pp. 33–40.
- FEMA 310, E. (1998). FEMA-310 Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings , 1998.
- Fernández-Castays, M. F. (2012). Elaboración de escenarios de daños sísmicos en la Ciudad de Granada.
- Garcia, H. (2017). Seismic vulnerability analysis of a single family dwelling in seismic vulnerability analysis of a single family dwelling in confined masonry in Cuenca, Ecuador. January.
- Giner, J., & Molina, S. (2001). Sísmicidad y riesgo sísmico en la C.A.V.
- Hutton. V. D. (2004). *Fundamentals of Finite Element Analysis*. The McGraw-Hill Companies, 1, 1–499. <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWVpbnxtZTlzNT-NmZWfF8Z3g6MzI1MjJkYWU1MGYxNjc0Yw>
- Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. (2009). Determinación del índice de rebote utilizando el dispositivo conocido como esclerómetro. *El Concreto En La Obra, Problemas Causas y Soluciones.*, 19, 67–71. <http://www.revistacyt.com.mx/images/problemas/2009/pdf/MARZO.pdf>
- Jaramillo, J. D. (2003). Modelo para la rama descendente de espectros de diseño sísmico y aplicaciones al caso de la ciudad de medellín. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 20(68), 1–20.
- Jiménez, J., Cabrera, J., Sánchez, J., & Avilés, F. (2018). Vulnerabilidad sísmica del patrimonio edificado del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca: Lineamientos generales y avances del proyecto. *Maskana*, 9(1), 59–78. <https://doi.org/10.18537/mskn.09.01.07>
- Karatosun, S., Asan, M., & Gunes, O. (2019). Estimation of In-situ concrete strength using drilling resistance. *MATEC Web of Conferences*, 289, 06001. <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201928906001>
- Llopiz, C. (2009). Características mecánicas del hormigón y del acero de refuerzo. 1–65.
- Maldonado Rondón, E., Araújo, I. G., & Cho, G. C. (2008). Funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño sísmico para edificaciones de mampostería utilizando técnicas de simulación. *Dyna*, 75(155), 63–76. <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v75n155/a07v75n155.pdf>
- Martínez Cuevas, S. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica urbana basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación. Aplicación de la ciudad de Lorca, Región de Murcia. Universidad Politécnica de Madrid.
- Montaño Ampuero, A. (2017). Módulo de elasticidad.
- NEC-SE-CG. (2015). Cargas (No Sísmicas). In *Nec*. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-CG.pdf>
- NEC-SE-DS. (2014). Peligro sísmico y diseño sísmo resistente. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-Sísmico-parte-1.pdf>
- NEC-SE-HA. (2014). Estructuras de hormigón armado. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-HM-Hormigón-Armado.pdf>
- NEC - SE - VIVIENDA, O. (2015). Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m.
- NTE INEN, 3121. (2016). NTE INEN 3121 - Hormigón endurecido, determinación del número de rebote

- Método de ensayo.
- Ojeda Ruiz, J., Parra Meza, A., & Sánchez Vergara, R. (n.d.). Análisis estructural. http://ing.ens.uabc.mx/docencia/apuntes/civil/analisis_estructural.pdf
- Olmedo Salazar, J. F. (2015). Introducción al método de los elementos finitos, aplicando mathcad, campo unidimensional.
- Otero Pereiro, L. L. (2006). Aprendiendo sobre el Método de los Elementos Finitos. *Revista de Ingeniería Mecánica*, 7-17. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225117945001>
- Parra Cárdenas, H. A., Benito Oterino, M. B., Gaspar Escribano, J. M., Fernández Lorenzo, A., Luna Ludeña, M. P., & Molina Simbaña, X. P. (2017). Estimación de la peligrosidad sísmica en Ecuador continental.
- Pastorini, A. J., Zubiaga, J., & Belinco, C. G. (1987). Actas de la XV Reunión Científica, IV Encuentro Latinoamericano, 1ra Jornadas sobre Centrales Nucleares. IPEN (PERÚ), 2, 159-163.
- Peralta Gálvez, H., Sánchez Tipaza, S., & Arroyo Matus, R. (2014). Incertidumbre en la evaluación de periodos en edificios de mampostería tipo IN-FONAVIT ubicados en Chilpancingo, Guerrero. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 32-39.
- Pérez Mitre, A. J. (2004). Análisis de la estructura y elementos del Auto Deportivo “MXT” de Tecnoidea SA de CV para el análisis de esfuerzo y deformación generadas por cargas estáticas, así como su optimización mediante su simulación, empleando el Método de Elementos Finitos en AL. 19-52. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/lopez_sa_ja/capitulo_3.html
- Porras Navarro, C. A., Aguilar Balbuena, M., & Puig Martínez, R. (2019). Casos de estimación de la resistencia a compresión del hormigón armado validando ecuaciones de regresión que combinan el empleo de ensayos no destructivos (NDT) con ensayos destructivos (DT) en Cuba. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 13, 1-11. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193958877008>
- Proceq. (2016). Manual de operación SilverSchmidt y Hammerlink. 14.
- Proceq, S. (2008). Operating Instructions Ultrasonic Testing Instrument.
- Ramos Monori, L. (2012). Memoria: Proyecto de ampliación y readecuación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca Edificio de Postgrado. Estoa, 1(1), 9-21. <https://doi.org/10.18537/est.001.03>
- Reyes Soto, M. (2013). Sismo ¿Cómo actuar? *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699.
- Riquetti Morales, J. P. (2010). Dimensionamiento geotécnico de cimentaciones superficiales en las unidades geotécnicas de la ciudad de Cuenca. 206. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bits-tream/123456789/725/1/ti853.pdf>
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). Breves Fundamentos Terremotos Ecuador.pdf (p. 101).
- Rodas, P. (2016). Modelo de Gestión para la Conservación del Patrimonio Edificado de la ciudad de Cuenca. Centro de Postgrados de La Facultad de Arquitectura, 187.
- Rojas, G. (2012). Evaluación del riesgo sísmico de la ciudad de Cartago.pdf (p. 45).
- Rondón, E., Gómez, I., & Chio Cho, G. (2008). Funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño sísmico para edificaciones de mampostería, utilizando técnicas de simulación (pp. 1-18).
- Rondón, E. M., Gómez, D., Araujo, G., & Chio Cho, G. (2008). Simulación de funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño sísmico para edificaciones de hormigón armado en sistema pórtico 1 Simulating vulnerability functions and seismic damage probability matrix for reinforced concrete frame building. 28(3), 28-40.
- Sagripanti, G. L., Bettiol, A., & Seitz, C. (2007). Terremotos: nuestro planeta vibra bajo el poder de su energía (Issue January).
- Salazar-Arbelaez, G. (2018). Terremotos y salud: Lecciones y recomendaciones. *Salud Pública de Mexico*, 60(1), S6-S15. <https://doi.org/10.21149/9445>
- Shariati, M., Ramli-Sulong, N. H., Mohammad Mehdi Arabnejad, K. H., Shafigh, P., & Sinaei, H. (2011). Assessing the strength of reinforced Concrete Structures Through Ultrasonic Pulse Velocity And Schmidt Rebound Hammer tests. *Scientific Research and Essays*, 6(1), 213-220. <https://doi.org/10.5897/SRE10.879>
- Silva Calfueque, G. (2007). Albañilería reciclada para la fabricación de hormigón. Tesis Para Optar Al Título de Ingeniero Constructor.
- SNGR. (2016). INFORME DE SITUACION N°71 del 19/05/2016 (20h30) Terremoto 7.8 ° - Pedernales. 2016(5), 15. <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/>
- Tavera, H. (2014). Evaluación del peligro asociado a los sismos y efectos secundarios en Perú.
- Trujillo P., C., Ospina López, R., & Parra Lara, H. (2010). Los terremotos: una amenaza natural latente. *Scientia Et Technica*, XVI(45), 303-308. <https://doi.org/10.22517/23447214.341>
- Urich, A. J. (2017). Muisne , Ecuador 2016 : Once and Again Relearning About the Role of The Miscalled “ Non-Structural “ Masonry Walls. 16th World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE 2017.
- Urich B., A. J., & Beauperthuy U., J. L. (2013). Desempeño sismorresistente de edificios típicos venezolanos ¿Son realmente las paredes componentes no estructurales? *Gaceta Técnica*, 10(1856-9560), 40-55.
- Víctor, A. N. (2010). El Riesgo Sísmico En Quito : Análisis Y Simulaciones. 55. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-12/010053328.pdf
- Vielma, J. C., Barbat, A. H., & Oller, S. (2011). Proyecto sismorresistente de estructuras porticadas. January 2015. <https://doi.org/10.13140/2.1.21171528>
- Vielma, J. C., Barbat, A. H., & Oller, S. (2008). Umbrales De Daño Para Estados Límite De Edificios Porticados De Concreto Armado Diseñados Conforme Al Aci-318/Ibc-2006. *Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 8(2), 119-134.
- Yactayo Kou, M. R. (2019). El factor de altura como determinante en el comportamiento estructural en edificaciones con un sistema de aislamiento sísmico, en el departamento de Lima. San Ignacio de Loyola.
- Yepez, H., Chatelain, J. L., & Guillier, B. (1994). Estudio del riesgo sísmico en el Ecuador. 3, 161-164. [https://doi.org/10.1590/S1983-419520150003000008](https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&uact=8&ved=0CC-4QFjAE&url=http://www.researchgate.net/profile/Bertrand_Guillier/publication/236143718_Estudio_del_riesgo_sismico_en_el_Ecuador/links/00b49516564100450000000000.pdf&ei=QIXfYepez Tambaco, D. A. (2012). Análisis de la arquitectura vernácula del Ecuador : Propuestas de una arquitectura contemporánea sustentable .• Yépez F., Barbat A.H. y Canas J. (1996). Simulación de escenarios de daño sísmico en zonas urbanas. <i>Revista Internacional de Métodos Numéricos para el Cálculo y Diseño de la Ingeniería</i>, 12(3), 331-358.• Sandi, H. (1986). Vulnerability and risk analysis for individual structures and systems. Lisbon, Portugal: Report of the Working Group of the European Association for Earthquake Engineering. Proceedings of the 8th ECEE.• Alva, G. M. S., KAMINSKI Jr, J., Mohamad, G., Silva, L. R., Alva, G. M. S., KAMINSKI Jr, J., Mohamad, G., & Silva, L. R. (2015). Serviceability limit state related to excessive lateral deformations to account for infill walls in the structural model. <i>Revista IBRACON de Estruturas e Materiais</i>, 8(3), 390-426. <a href=)
- Comerio, M. C. (s. f.). The Economic Benefits of a Disaster Resistant University: Earthquake Loss Estimation for UC Berkeley. 48.
- WADA, A. (2018). Strength, functionality and beauty of university buildings in earthquake-prone countries. *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences*, 94(2), 129-138. <https://doi.org/10.2183/pjab.94.009>
- Chakravorty, A. (2017). When schools shake: Keeping students and teachers safe during earth-

- quakes. <https://www.earthmagazine.org/article/when-schools-shake-keeping-students-and-teachers-safe-during-earthquakes>
- Betzabeth, C. C. A., & Mariuxi, R. R. J. (2018). Efectos Sociales del Terremoto de abril 2016 en la Calidad de Vida de la población.
 - Quinde Martínez, P. D., & Reinoso Angulo, E. (2018). Estudio De Peligro Sísmico De Ecuador Y Propuesta De Espectros De Diseño Para La Ciudad De Cuenca. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 26(94), 1. <https://doi.org/10.18867/ris.94.274>
 - Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., &
 - Yepes, H. (2007). *Breves_Fundamentos_Terremotos_Ecuador.pdf* (p. 101). p.101.
 - Vargas, Y. F., Pujades, L. G., Barbat, A. H., & Hurtado, J. E. (2013). Evaluación probabilista de la capacidad, fragilidad y daño sísmico de edificios de hormigón armado. *Revista Internacional de Metodos Numericos Para Calculo y Diseno En Ingenieria*, 29(2), 63–78. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2013.04.003>
 - García, H., & Degrande, G. (2017). Seismic vulnerability analysis of a two-story family dwelling in confined masonry in Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 8(2), 99–114. <https://doi.org/10.18537/mskn.08.02.08>
 - Muñoz, F., Peña, F., & Meza, M. (2012). Desarrollo de modelos virtuales con fines de evaluación estructural. (55), 1–9.
 - Alatrasta, C. Bambare. (2011). Salud mental en desastres naturales. 6.
 - Bustos, J. D. (2010). Universidad de Cuenca facultad de filosofía, letras y ciencias de la educación escuela de comunicación social. 1–43.
 - Danger-Cobas, A. (2011). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural para la remodelación del edificio del actual palacio provincial de computación. núm. 1, 25–36.
 - Jiménez, J., Cabrera, J., Sánchez, J., & Avilés, F. (2018). Vulnerabilidad sísmica del patrimonio edificado del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca: Lineamientos generales y avances del proyecto. *Maskana*, 9(1), 59–78. <https://doi.org/10.18537/mskn.09.01.07>
 - Carvajal, M. (2010). Plan de emergencia institucional.
 - Oviedo Juan Andres, D. M. del P. (2006). Sistemas de control de respuesta sísmica en edificaciones. 105–120.
 - Villacis, C. & católica, U. (n.d.). Vulnerabilidad sísmica de las ciudades del norte de Chile: Arica, Antofagasta y Copiapó.
 - Pardo, M. (2020). Grados de libertad – Concepto y ejemplos. Recuperado 23 de octubre de 2020, de Marcelo Pardo Ingeniería. Website: <https://marcelopardo.com/grados-delibertad-concepto-y-ejemplos/>
 - Tinajero, E. (2018). 6 consejos para saber qué hacer en caso de sismo en la oficina. Recuperado 06 de septiembre del 2018, de Obras para Expansión. Website: <https://obras.expansion.mx/soluciones/2018/09/06/6-consejos-para-saber-que-hacer-encaso-de-sismo-en-la-oficina>
 - INEN, I. E. (2014). Quito, Ecuador. Obtenido https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2968.pdf
 - MIDUVI. (2014). Peligro Sísmico. Diseño Sismo Resistente: Código NEC-SE-DS. Ecuador. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>
 - MIDUVI. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC. Estructuras de Hormigón Armado (NEC-SE-HM). Ecuador. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-HM.pdf>
 - MIDUVI, M. d. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/Registro-Oficial-319-Norma-Ecuatoriana-de-la-Construcci%C3%B3n.pdf>
 - Moncayo, M. V. (2017). Terremotos mayores a 6.5 en escala Richter ocurridos en Ecuador desde 1900 hasta 1970. *Revista Ingeniería*, 21(2), 55–64. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/467/46753192005.pdf>
 - Morales, G. (2014). El terremoto del 5 de agosto de 1949. Obtenido de <http://www.elheraldo.com.ec/index.php?fecha=2014-08-01&seccion=Editoriales¬icia=43466>.
 - Parra, H. (2016). Desarrollos Metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el Ecuador Continental y estudio de riesgo sísmico en la ciudad de Quito. *Archivo Digital UPM*. Obtenido de <http://oa.upm.es/39353/>
 - Quinde, P. y. (2016). Estudio de peligro sísmico de Ecuador y propuesta de espectros de diseño para la Ciudad de Cuenca. *Ingeniería Sísmica* (94). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001#:~:text=El%20peligro%20s%C3%ADsmico%20en%20Ecuador,de%v%20tipo%20corticales%20\(superficiales\).&text=Los%20sismos%20corticales%20\(profundidad%20%3C%2040,dentro%20de%20la%20pla](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2016000100001#:~:text=El%20peligro%20s%C3%ADsmico%20en%20Ecuador,de%v%20tipo%20corticales%20(superficiales).&text=Los%20sismos%20corticales%20(profundidad%20%3C%2040,dentro%20de%20la%20pla)

ANEXOS



23/04/21 22:02 D:\TESIS\tesis version3\MODELOTESIS2.m 1 of 5

```
clear
% TESIS VULNERABILIDAD SISMICA DEL EDIFICIO DE POSTGRADO
% 1.Elementos y Nodos
% Nodos
filename='D:\TESIS\EXCELARCHIVOMAT.xlsx';
sheet=1;
xlRange='A2:D24932';
```

```
Nodes = xlsread(filename,sheet,xlRange);
plotnodes(Nodes, 'Numbering','off')
title('Nodos')
```

```
% Elementos
sheet=2;
xlRange='A2:H27434';
Elements=xlsread(filename,sheet,xlRange);
```

```
% Tipos
Types={1 'beam' % columnas y vigas
       2 'shell4'} % mamposteria
plotelem(Nodes,Elements,Types, 'Numbering','off')
title('Elementos')
```

```
% 2. DATOS
% Propiedades Geometricas de los Materiales
% Vigas
% PISO +3.60 +7.20 +10.80
% DVT1
hV1=0.45; % altura de la viga [m]
bV1=0.40; % base de la viga [m]
AV1=hV1*bV1; % area de la viga [m2]
% DVT2
hV2=0.45; % altura de la viga [m]
bV2=0.35; % base de la viga [m]
AV2=hV2*bV2; % area de la viga [m2]
% DVT3
hV3=0.45; % altura de la viga [m]
bV3=0.30; % base de la viga [m]
AV3=hV3*bV3; % area de la viga [m2]
% DVT4
hV4=0.25; % altura de la viga [m]
bV4=0.20; % base de la viga [m]
AV4=hV4*bV4; % area de la viga [m2]
% DVT5
hV5=0.25; % altura de la viga [m]
bV5=0.10; % base de la viga [m]
AV5=hV5*bV5; % area de la viga [m2]
% PISO +14.05
% DVT6
hV6=0.30; % altura de la viga [m]
bV6=0.55; % base de la viga [m]
AV6=hV6*bV6; % area de la viga [m2]
% DVT7
hV7=0.30; % altura de la viga [m]
bV7=0.20; % base de la viga [m]
```

23/04/21 22:02 D:\TESIS\tesis version3\MODELOTESIS2.m 2 of 5

```
AV7=hV7*bV7; % area de la viga [m2]
% PISO 0.00
% DVT8
hV8=0.50; % altura de la viga [m]
bV8=0.40; % base de la viga [m]
AV8=hV8*bV8; % area de la viga [m2]
% DVT9
hV9=0.26; % altura de la viga [m]
bV9=0.40; % base de la viga [m]
AV9=hV9*bV9; % area de la viga [m2]
```

```
% Columnas
% DCT1
bC1=0.30; % base de la columna [m]
hC1=1.00; % altura de la columna [m]
AC1=bC1*hC1; % area de la columna [m2]
% DCT2
bC2=0.30; % base de la columna [m]
hC2=0.70; % altura de la columna [m]
AC2=bC2*hC2; % area de la columna [m2]
```

```
% DCT3
bC3=0.50; % base de la columna [m]
hC3=0.50; % altura de la columna [m]
AC3=bC3*hC3; % area de la columna [m2]
% DCT4
bC4=0.60; % base de la columna [m]
hC4=0.60; % altura de la columna [m]
AC4=bC4*hC4; % area de la columna [m2]
```

```
% DCT5
bC5=0.30; % base de la columna [m]
hC5=1.00; % altura de la columna [m]
AC5=bC5*hC5; % area de la columna [m2]
% DCT6
bC6=0.20; % base de la columna [m]
hC6=0.45; % altura de la columna [m]
AC6=bC6*hC6; % area de la columna [m2]
```

```
% DCT7
bC7=0.30; % base de la columna [m]
hC7=0.50; % altura de la columna [m]
AC7=bC7*hC7; % area de la columna [m2]
```

```
% Inercias
% INERCIA VIGA DE HORMIGON
IV1=[ (bV1*(hV1^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hV1^3*(bV1))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bV1*(hV1^3)/12)+(hV1^3*(bV2)/12) ]; % inercia viga en X Ixx (torsión)
```

```
IV2=[ (bV2*(hV2^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hV2^3*(bV2))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bV2*(hV2^3)/12)+(hV2^3*(bV2)/12) ]; % inercia viga en X Ixx (torsión)
```

```
IV3=[ (bV3*(hV3^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hV3^3*(bV3))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bV3*(hV3^3)/12)+(hV3^3*(bV3)/12) ]; % inercia viga en X Ixx (torsión)
```

```
IV4=[ (bV4*(hV4^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hV4^3*(bV4))/12; % inercia viga en Y Iyy
```



23/04/21 22:02 D:\TESIS\tesis version3\MODELOTESIS2.m 3 of 5

```
(bV4*(hV4^3)/12)+(hV4^3*(bV4)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IV5=[ (bV5*(hV5^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hV5^3*(bV5))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bV5*(hV5^3)/12)+(hV5^3*(bV5)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IV6=[ (bV6*(hV6^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hV6^3*(bV6))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bV6*(hV6^3)/12)+(hV6^3*(bV6)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IV7=[ (bV7*(hV7^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hV7^3*(bV7))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bV7*(hV7^3)/12)+(hV7^3*(bV7)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IV8=[ (bV8*(hV8^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hV8^3*(bV8))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bV8*(hV8^3)/12)+(hV8^3*(bV8)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IV9=[ (bV9*(hV9^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hV9^3*(bV9))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bV9*(hV9^3)/12)+(hV9^3*(bV9)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

% INERCIA COLUMNAS DE HORMIGON
IC1=[ (bC1*(hC1^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hC1^3*(bC1))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bC1*(hC1^3)/12)+(hC1^3*(bC1)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IC2=[ (bC2*(hC2^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hC2^3*(bC2))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bC2*(hC2^3)/12)+(hC2^3*(bC2)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IC3=[ (bC3*(hC3^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hC3^3*(bC3))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bC3*(hC3^3)/12)+(hC3^3*(bC3)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IC4=[ (bC4*(hC4^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hC4^3*(bC4))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bC4*(hC4^3)/12)+(hC4^3*(bC4)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IC5=[ (bC5*(hC5^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hC5^3*(bC5))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bC5*(hC5^3)/12)+(hC5^3*(bC5)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IC6=[ (bC6*(hC6^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hC6^3*(bC6))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bC6*(hC6^3)/12)+(hC6^3*(bC6)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

IC7=[ (bC7*(hC7^3))/12; % inercia viga en Z Izz (Fuerte)
      (hC7^3*(bC7))/12; % inercia viga en Y Iyy
      (bC7*(hC7^3)/12)+(hC7^3*(bC7)/12)]; % inercia viga en X Ixx (torsión)

% 3.MATERIALES
% Hormigon
E=22300; % elasticidad [MPa] 2000000000
nu=0.25; % coeficiente de Poisson [-]
```

23/04/21 22:02 D:\TESIS\tesis version3\MODELOTESIS2.m 4 of 5

```
rhoH=2400; % densidad Hormigón [kg/m3]
rhoAdicional=1248; % densidad [kg/m3]
rho=3648; % densidad [kg/m3]
% Ladrillo
E2=2777; % modulo de elasticidad [MPa]
nu_2=0.22; % coeficiente de poisson [-]
rho_2=1800; % densidad [kg/m3]

% LOSAS
% LOSA +0.00 +3.60 +7.20 +10.80 losa ascensor
t1=0.25; % Espesor de la losa nervada [m]
% LOSA +14.05
t2=0.30; % Espesor de la losa nervada [m]
% MAMPOSTERIA
t3=0.20;% Espesor de la mamposteria [m]
ix=0.42;
iy=0.42;
iz=0.20;
% MUROS DE CONTENCIÓN
t4=0.25; % muros de contencion
t5=0.20; % muro del ascensor

% 4.CARGAS
% CARGA ULTIMA
Cu_Total=312; % carga total [Kgf/m2]

% 5.TRANSFORMACION DE CARGA A DENSIDAD
% Elementos Lineales
% VIGAS Y COLUMNAS
g=9.81; % gravedad [m/s2]
rho_hormv=(rho); % carga distribuida lineal a densidad [Kg/m3]
rho_hormc=(rho); % carga distribuida lineal a densidad [Kg/m3]
% Elementos Bidimensionales
% MAMPOSTERIA Y LOSAS
rho_mamp=(rho_2); % mamposteria de ladrillo en paredes [Kgf/m3]
rho_losa=(rho)+(Cu_Total/(t1)); % losa de entrepiso de hormigon [Kgf/m3]

% MUROS DE CONTENCIÓN
rho_contencion=(rho); % muros de hormigón hormigon [MPa]

% 7.SECCION
Sections=[1 AV1 Inf Inf IV1(3) IV1(2) IV1(1); % vigas
          2 AV2 Inf Inf IV2(3) IV2(2) IV2(1);
          3 AV3 Inf Inf IV3(3) IV3(2) IV3(1);
          4 AV4 Inf Inf IV4(3) IV4(2) IV4(1);
          5 AV5 Inf Inf IV5(3) IV5(2) IV5(1);
          6 AV6 Inf Inf IV6(3) IV6(2) IV6(1);
          7 AV7 Inf Inf IV7(3) IV7(2) IV7(1);
          8 AV8 Inf Inf IV8(3) IV8(2) IV8(1);
          9 AV9 Inf Inf IV9(3) IV9(2) IV9(1);
          10 AC1 Inf Inf IC1(3) IC1(2) IC1(1); % columna
          11 AC2 Inf Inf IC2(3) IC2(2) IC2(1);
          12 AC3 Inf Inf IC3(3) IC3(2) IC3(1);
          13 AC4 Inf Inf IC4(3) IC4(2) IC4(1);
          14 AC5 Inf Inf IC5(3) IC5(2) IC5(1);
```

23/04/21 22:02 D:\TESIS\tesis version3\MODELOTESIS2.m 5 of 5

```
15 AC6 Inf Inf IC6(3) IC6(2) IC6(1);
16 AC7 Inf Inf IC7(3) IC7(2) IC7(1);
17 t1 NaN NaN NaN NaN NaN; % losa
18 t2 NaN NaN NaN NaN NaN; % losa piso +14.05 seccion de la losa es un
elementos bidimensional y tiene asignado un espesor
19 t3 NaN NaN NaN NaN NaN; % mamposteria
20 t4 NaN NaN NaN NaN NaN; % muro de contencion
21 t5 NaN NaN NaN NaN NaN; % muro del ascensor

% 8.MATERIALES
Materials=[1 E2 nu_2 rho_mamp/1000000; % mamposteria
            2 E nu rho_hormv/1000000; % hormigon vigas
            3 E nu rho_hormc/1000000; % hormigon columnas
            4 E nu rho_losa/1000000; % losas
            5 E nu rho_contencion/1000000]; % muros de contencion
```

23/04/21 22:04 D:\TESIS\tesis version3\CALCULOTESIS2.m 1 of 5

```
% IMPORTAR VARIABLES
load MODELOTESIS2

% 9.GRADOS DE LIBERTAD
DOF=getdof(Elements,Types);
seldof=selectnodes(Nodes,0,-3,0,100,100,0);
plotnodes(seldof)
Seldof={seldof(:,1)+0.01 seldof(:,1)+0.02 seldof(:,1)+0.03};
DOF=removedof(DOF,Seldof);

% 10.RIGIDEZÑ
[K,M]=asmkm(Nodes,Elements,Types,Sections,Materials,DOF);
% 11.PERIODOS Y MODOS DE VIBRAR
[phi,omega]=eigfem(K,M,10);
T=(2*pi()/omega);
disp(num2str(T,1))

% ANALISIS ESTATICO
DLoads=accel([0 0 9.81],Elements,Types,Sections,Materials);
W=elemloads(DLoads,Nodes,Elements,Types,DOF);
Ust=K\W;
pga=0.25;
eta=2.48;
fa=1.3;
fd=1.28;
fs=0.94;
r=1;
[Sa_,T_]=ecuspec(fa,fd,fs,eta,r,pga);
Sa=interp1(T_,Sa_,T);
figure
plot(T_,Sa_,T,Sa,'ro')

xlabel('Periodo [s]')
ylabel('Sa [g]')

% Porcentaje de masa
Eg=sum(selectdof(DOF,[0.01 0.02]),1).';
S=(M)*Eg;
gamma=phi.'*S;
Mtot=FindMass(M,DOF);
mp=(gamma.*gamma)/(Mtot)*100 % Porcentaje de participacion modal
Masa_total_modal=(sum(diag(M/3)))*mp/100;

% ANALISIS ESPECTRAL
% Influencia del sismo sobre la estructura
% El análisis espectral es determinar las acciones sísmicas que pueden actuar sobre
una estructura de acuerdo al espectro de diseño de un ciudad.
% En la direccion y, se seleccionan los grados de libertad que correspondan a y(2).
Egy=sum(selectdof(DOF,0.02),1).'; % se seleccionan los grados de libertad en la
direccion y
% En la dirección x se selecciona 1.
Egx=sum(selectdof(DOF,0.01),1).'; % se seleccionan los grados de libertad en
direccion x
% Participación durante la acción sísmica
```



23/04/21 22:04 D:\TESIS\tesis version3\CALCULOTESIS2.m 2 of 5

```
% Distribucion de masa en la estructura
sy=M*Egy;           % en la dirección y
sx=M*Egx;           % en la dirección x
% Transformación a fuerzas modales Sy que dependen del factor de distribución ?. Se
obtiene del vector de fuerza en función de la importancia de cada modo de vibrar.
Gammay=phi.'*sy;    % gamma y
Gammamax=phi.'*sx;  % gamma x
% Masa participante modal (por modo) en las direcciones x y y
Masty=(Gammay.*Gammay);
Mastx=(Gammamax.*Gammamax);
% Vector de fuerza efectiva (el que actúa como representante del sismo sobre la
estructura)
sjy=M*phi*diag(Gammay);
sjx=M*phi*diag(Gammamax);
% Desplazamientos causados por sj de manera estatica
usjy=K\sjy;
usjx=K\sjx;
% Desplazamientos causados por el sismo (dinámica) y que estan en funcion de sj
Udy=usjy*Sa*9.81;
Uy=Udy+Ust;
Udx=usjx*Sa*9.81;
Ux=Udx+Ust;
% Deformaciones en X y en Y
% % GRAFICA
plotdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,Ux,'DispScal',10)
title 'Análisis Espectral en X'

plotdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,Uy,'DispScal',10)
title 'Análisis Espectral en Y'

% Direccion X
% Deriva en la dirección x nivel 0 hasta 3,60 m
[Nodsel,Selem]=selectelem(Nodes,Elements,Types,[0 0 3.6 100 100 3.6]); % Selección de
nodos y elementos que pertenecen NIVEL 3m
% De nodos seleccionados se requieren unicamente los grados de libertad en x
seldofx=Nodsel(:,1)+0.01; % se seleccionan solo los grados de libertad en x
seldofx=selectdof(DOF,seldofx); % se determinan la posicion de esos grados de
libertad
Ux_s=seldofx*Ux; % se multiplica la matriz de grados de libertad
seleccionados con vector de deformaciones total en la direccion x
[d_ilx,~]=max(abs(Ux_s)); % deformacion maxima del entrepiso i+1 (primera
planta alta)
disp(num2str(d_ilx,5))
% Se define la Deriva
d_rx=(d_ilx-0)/3.60; % dividir para la altura
disp(num2str(d_rx,5))

% Direccion Y
% Deriva en la dirección y
seldofy=Nodsel(:,1)+0.02; % se seleccionan solo los grados de
libertad en x
seldofy=selectdof(DOF,seldofy); % se determinan la posicion de esos grados
de libertad
Uy_s=seldofx*Uy; % se multiplica la matriz de grados de
libertad seleccionados con vector de deformaciones total en la direccion x
```

23/04/21 22:04 D:\TESIS\tesis version3\CALCULOTESIS2.m 3 of 5

```
[d_ily,~]=max(abs(Uy_s)); % deformacion del entrepiso i+1
disp(num2str(d_ily,5))
% Se define la Deriva
d_ry=(d_ily-0)/3.6;
disp(num2str(d_ry,5))

% Deriva en la dirección x nivel 0 hasta 7.20 m
% La dirección crítica es la x.
[Nodsell,Selem1]=selectelem(Nodes,Elements,Types,[0 0 7.20 100 100 7.20]);
seldofx1=Nodsell(:,1)+0.01; % se seleccionan solo los grados de
libertad en x
seldofx1=selectdof(DOF,seldofx1); % se determinan la posicion de esos
grados de libertad
Ux_s1=seldofx1*Ux; % se multiplica la matriz de grados
de libertad seleccionados con vector de deformaciones total en la direccion x
[d_ilx1,pos1]=max(abs(Ux_s1)); % deformacion en nivel de cubierta
disp(num2str(d_ilx1,5))
% Se define la Deriva
d_rx1=(d_ilx1-d_ilx)/7.20;
disp(num2str(d_rx1,5))

% Deriva en la dirección y
seldofy1=Nodsell(:,1)+0.02; % se seleccionan solo los grados de
libertad en x
seldofy1=selectdof(DOF,seldofy1); % se determinan la posicion de esos
grados de libertad
Uy_s1=seldofy1*Uy; % se multiplica la matriz de grados de
libertad seleccionados con vector de deformaciones total en la direccion x
[d_ily1,~]=max(abs(Uy_s1)); % deformacion del entrepiso i+1
disp(num2str(d_ily1,5))
% Se define la Deriva
d_ry1=(d_ily1-d_ily)/7.20;
disp(num2str(d_ry1,5))

% Deriva en la dirección x nivel 0 hasta 10.80 m
[Nodsel2,Selem2]=selectelem(Nodes,Elements,Types,[0 0 10.8 100 100 10.8]); % Selección
de nodos y elementos que pertenecen NIVEL 3m
% De nodos seleccionados se requieren unicamente los grados de libertad en x
seldofx2=Nodsel2(:,1)+0.01; % se seleccionan solo los grados de libertad en x
seldofx_2=selectdof(DOF,seldofx2); % se determinan la posicion de esos grados de
libertad
Ux_s2=seldofx_2*Ux; % se multiplica la matriz de grados de libertad
seleccionados con vector de deformaciones total en la direccion x
[d_ilx2,~]=max(abs(Ux_s2)); % deformacion maxima del entrepiso i+1 (primera
planta alta)
disp(num2str(d_ilx2,5))
% Se define la Deriva
d_rx2=(d_ilx2-d_ilx1)/10.8; % dividir para la altura
disp(num2str(d_rx2,5))

% Direccion Y
% Deriva en la dirección y
seldofy2=Nodsel2(:,1)+0.02; % se seleccionan solo los grados de
```

23/04/21 22:04 D:\TESIS\tesis version3\CALCULOTESIS2.m 4 of 5

```
libertad en x
seldofy_2=selectdof(DOF,seldofy2); % se determinan la posicion de esos
grados de libertad
Uy_s2=seldofy_2*Uy; % se multiplica la matriz de grados de
libertad seleccionados con vector de deformaciones total en la direccion x
[d_ily2,~]=max(abs(Uy_s2)); % deformacion del entrepiso i+1
disp(num2str(d_ily2,5))
% Se define la Deriva
d_ry2=(d_ily2-d_ily1)/10.8;
disp(num2str(d_ry2,5))

% Deriva en la dirección x nivel 0 hasta 14.40 m
[Nodsel3,Selem3]=selectelem(Nodes,Elements,Types,[0 0 14.4 100 100 14.4]); % Selección
de nodos y elementos que pertenecen NIVEL 3m
% De nodos seleccionados se requieren unicamente los grados de libertad en x
seldofx3=Nodsel3(:,1)+0.01; % se seleccionan solo los grados de libertad en x
seldofx_3=selectdof(DOF,seldofx3); % se determinan la posicion de esos grados de
libertad
Ux_s3=seldofx_3*Ux; % se multiplica la matriz de grados de libertad
seleccionados con vector de deformaciones total en la direccion x
[d_ilx3,~]=max(abs(Ux_s3)); % deformacion maxima del entrepiso i+1 (primera
planta alta)
disp(num2str(d_ilx3,5))
% Se define la Deriva
d_rx3=(d_ilx3-d_ilx2)/14.4; % dividir para la altura
disp(num2str(d_rx3,5))

% Direccion Y
% Deriva en la dirección y
seldofy3=Nodsel3(:,1)+0.02; % se seleccionan solo los grados de
libertad en x
seldofy_3=selectdof(DOF,seldofy3); % se determinan la posicion de esos
grados de libertad
Uy_s3=seldofx_3*Uy; % se multiplica la matriz de grados de
libertad seleccionados con vector de deformaciones total en la direccion x
[d_ily3,~]=max(abs(Uy_s3)); % deformacion del entrepiso i+1
disp(num2str(d_ily3,5))
% Se define la Deriva
d_ry3=(d_ily3-d_ily2)/14.4;
disp(num2str(d_ry3,5))

% Deriva en la dirección x nivel 0 hasta 17.60 m
[Nodsel4,Selem4]=selectelem(Nodes,Elements,Types,[0 0 17.6 100 100 17.6]); % Selección
de nodos y elementos que pertenecen NIVEL 3m
% De nodos seleccionados se requieren unicamente los grados de libertad en x
seldofx4=Nodsel4(:,1)+0.01; % se seleccionan solo los grados de libertad en x
seldofx_4=selectdof(DOF,seldofx4); % se determinan la posicion de esos grados de
libertad
Ux_s4=seldofx_4*Ux; % se multiplica la matriz de grados de libertad
seleccionados con vector de deformaciones total en la direccion x
[d_ilx4,~]=max(abs(Ux_s4)); % deformacion maxima del entrepiso i+1 (primera
planta alta)
disp(num2str(d_ilx4,5))
```

23/04/21 22:04 D:\TESIS\tesis version3\CALCULOTESIS2.m 5 of 5

```
% Se define la Deriva
d_rx4=(d_ilx4-d_ilx3)/17.6; % dividir para la altura
disp(num2str(d_rx4,5))

% Direccion Y
% Deriva en la dirección y
seldofy4=Nodsel4(:,1)+0.02; % se seleccionan solo los grados de
libertad en x
seldofy_4=selectdof(DOF,seldofy4); % se determinan la posicion de esos
grados de libertad
Uy_s4=seldofx_4*Uy; % se multiplica la matriz de grados de
libertad seleccionados con vector de deformaciones total en la direccion x
[d_ily4,~]=max(abs(Uy_s4)); % deformacion del entrepiso i+1
disp(num2str(d_ily4,5))
% Se define la Deriva
d_ry4=(d_ily4-d_ily3)/17.6;
disp(num2str(d_ry3,5))

% Asesoramiento: Si la deriva en la dirección x o y es mayor a 0.006 el edificio tiene
peligro de colapso. Si la deriva es mayor a 0.003 pero menor a 0.006 el edificio puede
presentar daños y si la deriva es menor 0.003 el edificio no sufre daños considerables.

% Calculo del Peso propio de la estructura
% Fuerzo por sismo
Eg=sum(selectdof(DOF,0.01),1).';
s=M*Eg;
Gamma=phi.'*s;
sj=M*phi*diag(Gamma);
usj=K\sj;
Ud=usj*Sa*8.81; % en la dirección X
% Deformaciones
Us=K\W;
U=Us+Ud;
figure

% Accelxyz Acceleration [Ax Ay Az] (1 * 3)
% Accelxyz=[0 0 9.81];
% DLoads = accel(Accelxyz,Elements,Types,Sections,Materials);

% Combinacion de Cargas en matriz
% combiload=Cu_paredes,DLoads

% Carga Total
% T3=elemloads(combiload,Nodes,Elements,Types,DOF);

% Asignación de fuerzas a elementos lineales
SeGCS=elemstress(Nodes,Elements,Types,Sections,Materials,DOF,Us)
```




23/04/21 22:05 D:\TESIS\tesis version3\GRAFICATESIS2.m 1 of 17

```
% IMPORTAR VARIABLES
load CALCULOTESIS2

% OP=1 Nodos
% OP=2 Elementos
% PERIODOS
% OP=3 Periodo Primer modo de vibrar
% OP=4 Periodo Segundo modo de vibrar
% OP=5 Periodo Tercer modo de vibrar
% OP=6 Análisis Estático
% OP=7 Gráfica del Periodo REVISARRRRR
% DEFORMACIONES
% OP=8 Deformación en X con el Sismo
% OP=9 Deformación en Y con el Sismo
% DERIVAS
% OP=10 Deriva en la dirección X nivel 0 hasta 3,60 m
% OP=11 Deriva en la dirección Y nivel 0 hasta 3,60 m
% OP=12 Deriva en la dirección X nivel 0 hasta 7.20 m
% OP=13 Deriva en la dirección Y nivel 0 hasta 7.20 m
% OP=14 Deriva en la dirección X nivel 0 hasta 10.80 m
% OP=15 Deriva en la dirección Y nivel 0 hasta 10.80 m
% OP=16 Deriva en la dirección X nivel 0 hasta 14.40 m
% OP=17 Deriva en la dirección Y nivel 0 hasta 14.40 m
% OP=18 Deriva en la dirección X nivel 0 hasta 17.60 m
% OP=19 Deriva en la dirección Y nivel 0 hasta 17.60 m
% PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA
% OP=20 Deformacion de Elementos
% OP=21 Esfuerzos Axiales en la dirección SXY
% OP=22 Esfuerzos Axiales en la dirección SY
% OP=23 Esfuerzos Axiales en la dirección SY con movimiento
% ANIMACIONES
% OP=24 Primer modo de vibrar % NO SIRVE

% SELECCION PAREDES
% OP=26 Pared 1
% -----
OP =1;
% -----

% GRAFICAS

if OP==1
figure
plotnodes(Nodes,'Numbering','off')
title('Nodos')
end

if OP==2
figure
plotelem(Nodes,Elements,Types,'Numbering','off')
title('Elementos')
end

% PERIODOS
```

23/04/21 22:05 D:\TESIS\tesis version3\GRAFICATESIS2.m 2 of 17

```
if OP==3
figure
plotdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,phi(:,1))
title('Primer modo de vibrar')
end

if OP==4
figure
plotdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,phi(:,2))
title('Segundo modo de vibrar')
end

if OP==5
figure
plotdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,phi(:,4))
title('cuarto modo de vibrar')
end

if OP==6
figure
plotdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,Ust,'DispScal',1)
title('Analisis Estatico')
end

if OP==7
figure
plot(T_,Sa_,T,Sa,'ro')
title('Periodo')
end

% DEFORMACIONES en X y en Y

if OP==8
figure
plotdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,Ux,'DispScal',10)
title('Analisis Espectral en X')
end

if OP==9
figure
plotdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,Uy,'DispScal',10)
title('Analisis Espectral en Y')
end

% DERIVAS

% Deriva en la dirección x nivel 0 hasta 3,60 m
if OP==10
figure
plotnodes(Nods1,'Numbering','off')
plotdisp(Nods1,Elements(Selem,:),Types,DOF,Ux,'DispScal',100)
title('Deriva X 3,60')
end

% Derivacion Y
```

23/04/21 22:05 D:\TESIS\tesis version3\GRAFICATESIS2.m 3 of 17

```
if OP==11
figure
plotdisp(Nods1,Elements(Selem,:),Types,DOF,Uy,'DispScal',100)
title('Deriva Y 3,60')
end

% Deriva en la dirección x nivel 0 hasta 7.20 m
if OP==12
figure
plotdisp(Nods1,Elements(Selem1,:),Types,DOF,Ux,'DispScal',100)
title('Deriva X 7.20')
end

% Derivacion Y
if OP==13
figure
plotdisp(Nods1,Elements(Selem1,:),Types,DOF,Uy,'DispScal',100)
title('Deriva Y 7.20')
end

% Deriva en la dirección x nivel 0 hasta 10.80 m
if OP==14
figure
plotdisp(Nods1,Elements(Selem2,:),Types,DOF,Ux,'DispScal',100)
title('Deriva X 10.80')
end

% Derivacion Y
if OP==15
figure
plotdisp(Nods1,Elements(Selem2,:),Types,DOF,Uy,'DispScal',100)
title('Deriva Y 10.80')
end

% Deriva en la dirección x nivel 0 hasta 14.40 m
if OP==16
figure
plotdisp(Nods1,Elements(Selem3,:),Types,DOF,Ux,'DispScal',100)
title('Deriva X 14.40')
end

% Derivacion Y
if OP==17
figure
plotdisp(Nods1,Elements(Selem3,:),Types,DOF,Uy,'DispScal',100)
title('Deriva Y 14.40')
end

% Deriva en la dirección x nivel 0 hasta 17.60 m
if OP==18
figure
plotdisp(Nods1,Elements(Selem4,:),Types,DOF,Ux,'DispScal',100)
```

23/04/21 22:05 D:\TESIS\tesis version3\GRAFICATESIS2.m 4 of 17

```
title('Deriva X 17.60')
end

% Derivacion Y
if OP==19
figure
plotdisp(Nods1,Elements(Selem4,:),Types,DOF,Uy,'DispScal',100)
title('Deriva Y 17.60')
end

% PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA
if OP==20
figure
plotdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,U,'DispMax','off');
title('Deformacion de Elementos [m]')
end

if OP==21
figure
plotstresscontourf('sxy',Nodes,Elements,Types,SeGCS,DOF,Us,'ncolor',20,'DispScal',100);
title('Esfuerzos Axiales en la Dirección "sxy"')
end

if OP==22
figure
plotstresscontourf('sy',Nodes,Elements,Types,SeGCS,DOF,Us,'ncolor',20,'DispScal',100);
title('Esfuerzos Axiales en la Dirección "sy"')
end

if OP==23
figure
plotstresscontourf('sy',Nodes,Elements,Types,SeGCS,DOF,U)
title('Esfuerzos Axiales en la Dirección "Sy" TODOS LOS ELEMENTOS [MPa]')
dim = [.3 .1 .1 .0];
srt = {'TRACCIÓN 13.9425 kN/m2 < 250 kN/m2; Cumple,COMPRESIÓN 24.2896 kN/m2 < 4000 kN/m2; Cumple'};
annotation('textbox',dim,'STRING',srt,'FitBoxToText','on')
end

if OP==24
figure
animdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,phi(:,10))
title('Animación')
end

if OP==25
animdisp(Nodes,Elements,Types,DOF,U,'CreateMovie','on')
h = gca;
mov = getmovie(h);
v = VideoWriter('Animacion','MPEG-4');
open(v);
for i = 1:10
writeVideo(v,mov);
```



23/04/21 22:05 D:\TESIS\tesis version3\GRAFICATESIS2.m 5 of 17

```
end
end

% % % % % % % % % % % % % % % % NODOS PAREDES

if OP==26
figure
selnod1 = selectnodes(Nodes,0,14.70,0,7.56,14.70,3.60); %✓
Selecciona nodos
plotnodes(Nodes(selnod1(:,1),:)) %Ploteo
plotstresscontourf('sy',Nodes,Elements,Types,SeGCS,DOF,Us,'ncolor',20,'DispScal',↵
100);
title('Nodos pared 1') ;

end
if OP==27
figure
selnod2 = selectnodes(Nodes,7.56,14.70,0,15.12,14.70,3.60); %↵
Selecciona nodos
plotnodes(Nodes(selnod2(:,1),:)) %Ploteo
title('Nodos pared 2')
end

if OP==28
figure
selnod3 = selectnodes(Nodes,15.12,7.35,0,15.12,14.70,3.60); %✓
Selecciona nodos
plotnodes(Nodes(selnod3(:,1),:)) %Ploteo
title('Nodos pared 3')
end

if OP==29
figure
selnod4 = selectnodes(Nodes,15.12,0,0,15.12,7.35,3.60); %Selecciona↵
nodos
plotnodes(Nodes(selnod4(:,1),:)) %Ploteo
title('Nodos pared 4')
end

if OP==30
figure
selnod5 = selectnodes(Nodes,7.56,0,0,15.12,0,3.60); %Selecciona nodos
plotnodes(Nodes(selnod5(:,1),:)) %Ploteo
title('Nodos pared 5')
end

if OP==31
figure
selnod6 = selectnodes(Nodes,5.46,0,0,7.56,0,3.60); %Selecciona nodos
plotnodes(Nodes(selnod6(:,1),:)) %Ploteo
title('Nodos pared 6')
end

if OP==32
figure
```

ANEXOS - CÁLCULO DE LA DERIVA EN “X” Y “Y”DE LA MAMPOSTERÍA

CÁLCULO DEL PROMEDIO DE LA DERIVA POR PAREDES																	
Pared	Fórmula	Nodo Superior	Deformación [x] Nodo superior	Deformación [y] Nodo superior	Nodo Inferior	Deformación [x] Nodo inferior	Deformación [y] Nodo inferior	Altura del piso	Aplicación de fórmula [x]	Promedio derivas [x]	Aplicación de fórmula [y]	Promedio derivas [y]			y		x
1	$\delta = \frac{\delta(Dm) - \delta(Dmi)}{h}$	44	8.91E-04	-3.45E-04	21	-4.29E-06	2.95E-06	3.60	0.000248788	0.00177914	-9.67E-05	0.000492196			9.66591E-05		0.0002487
		1583	-3.38E-04	1.67E-03	12344	7.10E-04	-2.12E-04	3.60	-0.0002921214		5.23E-04				0.000522849		0.0002912
		1595	-1.03E-04	1.12E-03	15442	9.98E-03	1.44E-04	3.60	-0.002799447		2.72E-04				0.000272399		0.0027994
		1608	-3.61E-03	-1.98E-04	15529	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.001003008		-5.51E-05				5.50678E-05		0.001003
		57	4.96E-05	1.93E-05	330	-6.99E-04	4.22E-04	3.60	2.08E-04		-1.12E-04				0.000111737		0.0002079
		15702	-3.93E-03	-9.95E-04	15702	-3.93E-03	-9.95E-04	3.60	0.000000		0.00E+00				0		
		15808	0.00E+00	0.00E+00	15790	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.00E+00		0.00E+00				0		
		43	-1.88E-04	-9.47E-04	298	1.55E-03	2.00E-04	3.60	-0.000483092		-3.19E-04				0.000318729		0.0004830
		17102	1.68E-03	1.34E-02	17084	1.52E-03	1.23E-02	3.60	4.33528E-05		3.07E-04				0.000307036		4.33528E-
		42	-3.12E-03	1.81E-03	299	-1.20E-04	3.11E-03	3.60	-0.000832456		-3.62E-04				0.000362061		0.0008324
		15996	-3.90E-05	-2.58E-04	15961	1.21E-02	2.27E-04	3.60	-0.003370681		-1.35E-04				0.000134835		0.0033706
		16150	0.00E+00	0.00E+00	16132	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.00E+00		0.00E+00				0		
		16238	2.43E-03	1.94E-02	16220	2.36E-03	1.88E-02	3.60	2.1878E-05		1.70E-04				0.000169563		2.1878E-
		16326	-1.53E-04	-5.86E-05	16308	-9.79E-05	-3.71E-05	3.60	-1.5388E-05		-5.97E-06				5.97E-06		1.5388E-
		64	3.45E-05	-7.14E-04	332	-5.06E-04	9.61E-04	3.60	0.000150028		-4.65E-04				0.0004655		0.0001500
		41	2.60E-03	2.08E-02	300	3.47E-04	-2.18E-04	3.60	0.000624852		5.83E-03				0.00583021		0.0006248
		67	2.90E-02	6.08E-04	17172	5.13E-04	-2.72E-04	3.60	0.007907654		2.44E-04				0.000244199		0.0079076
		40	3.03E-02	-3.25E-03	301	1.69E-04	-7.22E-04	3.60	0.00836374		-7.03E-04				0.000703074		0.008363
		904	2.13E-02	-2.03E-03	16562	2.04E-03	2.14E-04	3.60	-0.00535123		-6.23E-04				0.000622945		0.005351
		922	2.03E-02	2.54E-05	16729	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.005632332		7.05E-06				7.04608E-06		0.0056323
		48	2.26E-06	-1.62E-05	19	5.53E-05	-3.99E-04	3.60	-1.47455E-05		1.06E-04				0.000106234		1.47455E-
		48	2.26E-06	-1.62E-05	19	5.53E-05	-3.99E-04	3.60	-1.47E-05	0.00084518	1.06E-04	0.00473087			0.000106234		1.47455E-
		955	2.12E-04	-5.19E-04	16896	-3.41E-05	-1.72E-04	3.60	6.82374E-05		-9.65E-05				9.65385E-05		6.82374E-
		973	-8.83E-05	-1.81E-03	16980	1.87E-04	-1.01E-04	3.60	-7.64205E-05		-4.76E-04				0.00047608		7.64205E-
		989	6.06E-05	2.21E-02	302	3.57E-04	1.54E-05	3.60	-8.22288E-05		6.14E-03				0.006140507		8.22288E-
		1007	2.11E-03	1.75E-02	11256	-2.87E-04	-7.73E-04	3.60	0.005060868		5.08E-03				0.005060899		0.0050660
		1025	2.33E-03	1.75E-02	11284	2.15E-04	6.07E-06	3.60	0.00058811		4.87E-03				0.004870796		0.000588
		1043	2.69E-04	2.50E-02	11299	0.00E+00	0.00E+00	3.60	7.47077E-05		6.95E-03				0.006953766		7.47077E-
		1061	2.23E-03	1.75E-02	11314	6.42E-04	-3.96E-05	3.60	0.000440036		4.89E-03				0.004485357		0.0004400
		1079	1.25E-05	2.22E-02	11329	0.00E+00	0.00E+00	3.60	3.47067E-06		6.16E-03				0.006164001		3.47067E-
		1097	7.66E-04	2.07E-02	11344	1.35E-03	-2.40E-04	3.60	-0.000161384		5.80E-03				0.005803077		0.0001613
		1115	7.59E-04	2.07E-02	11359	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000250786		5.76E-03				0.0002508125		0.0002107
		1133	-2.21E-05	2.23E-02	11374	2.42E-03	-7.34E-04	3.60	-0.000679615		6.39E-03				0.006387408		0.0006796
		1151	-2.77E-04	2.28E-02	11389	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-7.68333E-05		6.34E-03				0.006337712		7.68333E-
		1169	4.09E-04	2.13E-02	11404	5.19E-03	-8.41E-04	3.60	-0.0013267		6.16E-03				0.006162063		0.001326
		1187	3.61E-04	2.13E-02	11419	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.00010033		5.92E-03				0.005916944		0.0001003
		1205	5.19E-04	2.12E-02	11434	9.15E-03	-7.11E-04	3.60	-0.002398015		6.08E-03				0.006080871		0.0023980
		1223	3.59E-04	2.15E-02	11449	0.00E+00	0.00E+00	3.60	9.97769E-05		5.96E-03				0.005964737		9.97769E-
		1241	3.48E-04	2.14E-02	304	2.17E-03	2.22E-04	3.60	-0.0005050369		5.88E-03				0.0005050364		0.0005053
		39	-4.38E-05	-1.05E-05	13	3.05E-02	-2.97E-03	3.60	-0.008485495		8.21E-04				0.000821042		0.0084854
		49	2.89E-02	5.76E-04	11	2.71E-04	-1.54E-04	3.60	0.007953464	0.00185163	2.03E-04	0.001137202			0.00020271		0.0079534
		38	1.04E-04	-5.00E-05	297	1.10E-04	-1.22E-04	3.60	-1.59409E-05		2.00E-05				1.99609E-05		1.59409E-
		1242	-2.50E-03	-3.23E-03	3163	2.10E-03	2.80E-05	3.60	-0.001279648		-9.04E-04				0.00090394		0.0012796
		1243	1.00E-04	-5.49E-04	3330	0.00E+00	0.00E+00	3.60	2.78866E-05		-1.53E-04				0.000152623		2.78866E-
		1244	1.09E-03	1.35E-04	3414	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000303012		3.74E-05				3.73655E-05		0.0003030
		1245	1.50E-04	-4.24E-04	3498	0.00E+00	0.00E+00	3.60	4.17117E-05		-1.18E-04				0.000117877		4.17117E-
		1246	2.43E-02	2.84E-03	3582	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.00675735		7.88E-04				0.000798103		0.006757
		1247	3.82E-04	2.13E-02	3666	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000106218		5.92E-03				0.005917697		0.0001062
		1248	-2.72E-03	-3.24E-03	3750	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.000755378		-9.01E-04				0.000901191		0.0007553
		1249	1.96E-04	-4.16E-04	3834	0.00E+00	0.00E+00	3.60	5.44086E-05		-1.16E-04				0.0001156		5.44086E-
		1250	9.79E-04	4.83E-05	6195	-2.77E-03	-2.39E-03	3.60	0.001040999		6.78E-04				0.000678292		0.0010409
		1251	2.08E-04	-4.15E-04	10502	2.39E-03	-1.95E-04	3.60	-0.000606904		-6.12E-05				6.11835E-05		0.0006069
		1252	2.39E-02	3.35E-03	10586	1.59E-03	-2.36E-04	3.60	0.006184485		9.95E-04				0.000994964		0.0061844
		1253	3.66E-04	2.13E-02	10670	1.36E-03	-1.24E-04	3.60	-0.000294766		5.95E-03				0.000294776		0.0002750
		1254	-2.40E-03	-3.85E-03	10754	1.01E-03	-2.13E-04	3.60	-0.000946559		-1.01E-03				0.001011634		0.0009465
		1255	1.47E-04	-7.10E-06	10838	-1.06E-06	6.15E-04	3.60	4.12151E-05		-3.69E-04				0.000368512		4.12151E-
		1256	6.64E-04	-1.59E-04	10922	-2.99E-05	-5.80E-06	3.60	0.000192707		-4.25E-05				4.24654E-05		0.0001927
		1257	2.26E-04	-3.95E-04	11006	6.83E-04	8.69E-03	3.60	-0.000126845		-2.52E-03				0.0002523906		0.0001268
		39	-4.38E-05	-1.05E-05	13	3.05E-02	-2.97E-03	3.60	-0.008485495		8.21E-04				0.000821042		0.0084854

4	$\frac{\delta=\delta(Dm2)-\delta(Dm1)}{h}$	32	1.27E-03	2.49E-02	9	1.48E-04	-3.69E-04	3.60	0.000311498	0.00167485	7.01E-03	0.002848527		0.007005541		0.0003114
		857	-4.59E-04	1.61E-02	1666	2.63E-02	-2.45E-03	3.60	-0.007439766		5.16E-03			0.005160946		0.0074397
		858	-3.49E-03	-5.63E-03	1820	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.000968255		-1.56E-03			0.001564494		0.0009682
		859	2.09E-04	6.20E-04	1904	9.00E-04	1.67E-04	3.60	-0.000192065		1.26E-04			0.000126058		0.0001920
		860	-3.26E-04	-8.61E-04	1988	-2.03E-04	3.16E-03	3.60	-3.41E-05		-1.12E-03			0.001115608		3.4054E-
		861	1.64E-04	-2.86E-04	2072	-2.14E-04	3.14E-03	3.60	0.000104887		-9.51E-04			0.000951186		0.0001048
		862	1.99E-02	6.79E-04	2156	-3.21E-04	8.47E-03	3.60	0.005627229		-2.17E-03			0.002165171		0.0056272
		863	-4.62E-04	1.61E-02	2240	9.88E-04	2.55E-02	3.60	-0.000402932		-2.62E-03			0.002616995		0.0004029
		864	-3.02E-03	-3.62E-03	2324	5.91E-04	2.83E-02	3.60	-0.001001657		-8.85E-03			0.008853439		0.0010016
		865	1.41E-04	9.63E-04	2408	-3.31E-04	8.38E-03	3.60	0.000130938		-2.06E-03			0.002060032		0.0001309
		866	-7.39E-04	-1.83E-03	2492	-4.75E-05	1.53E-02	3.60	-0.000191984		-4.76E-03			0.004755229		0.0001919
		867	1.41E-04	-2.83E-04	2576	-8.31E-04	1.69E-02	3.60	2.70E-04		-4.77E-03			0.004765234		0.0002697
		868	1.99E-02	6.77E-04	2660	5.15E-04	2.12E-02	3.60	0.005395829		-5.69E-03			0.005691584		0.0053958
		869	-6.77E-04	1.65E-02	2744	4.57E-04	2.70E-02	3.60	-0.000315056		-2.92E-03			0.002916018		0.0003150
		870	-3.84E-03	-6.14E-03	2828	-2.73E-04	2.66E-03	3.60	-0.000991867		-2.44E-03			0.002444685		0.0009918
		871	-1.56E-04	7.14E-04	2912	-2.58E-04	2.71E-03	3.60	2.81466E-05		-5.53E-04			0.000553102		2.81466E-
		872	-4.60E-04	-1.65E-03	2996	-2.77E-04	2.49E-03	3.60	-5.06864E-05		-1.15E-03			0.0001148949		5.06864E-
		37	4.47E-05	-2.49E-04	296	1.53E-03	-1.59E-04	3.60	-0.000411942		-2.50E-05			2.50281E-05		0.0004119
		49	2.89E-02	5.76E-04	11	2.71E-04	-1.54E-04	3.60	0.007953464		2.03E-04			0.000202271		0.0079534
		5		45	1.03E-04	-5.42E-04	7	-1.79E-04	-1.52E-03		3.60		7.8326E-05	0.00060213	2.71E-04	0.00205738
553	-2.94E-04			-1.10E-03	13885	2.58E-03	-5.41E-04	3.60	-0.000797141	-1.57E-04		0.000156531			0.0007971	
571	4.32E-04			-9.01E-04	13969	1.30E-02	-1.96E-04	3.60	-0.003489778	-1.96E-04		0.000195754			0.0034897	
589	1.36E-04			-6.13E-04	272	-3.81E-04	-2.94E-04	3.60	0.000143447	-8.86E-05		8.85835E-05			0.0001434	
605	-3.95E-04			8.86E-03	12463	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.000109778	2.46E-03		0.002460474			0.0001097	
623	-3.98E-04			9.11E-03	12491	5.60E-04	7.69E-03	3.60	-0.000266012	3.93E-04		0.000393167			0.0002660	
641	-5.07E-04			8.50E-03	12506	3.18E-03	-2.14E-05	3.60	-0.001024399	2.37E-03		0.002367376			0.0010243	
659	-4.35E-04			9.52E-03	12521	8.36E-04	9.31E-03	3.60	-0.000353017	5.86E-05		5.86346E-05			0.0003530	
677	-8.50E-04			8.65E-03	12536	3.06E-03	3.11E-04	3.60	-0.001085114	2.32E-03		0.002316975			0.0010851	
695	3.11E-05			1.52E-02	12551	1.14E-03	1.10E-02	3.60	-0.000308643	1.17E-03		0.001171474			0.0003086	
713	-3.58E-04			1.59E-02	12566	1.30E-03	-2.45E-04	3.60	-0.004604301	4.49E-03		0.004493301			0.0004604	
731	1.40E-03			1.26E-02	12581	1.51E-03	1.29E-02	3.60	-2.87294E-05	-7.80E-05		7.79863E-05			2.87294E-	
749	1.80E-03			1.26E-02	12596	1.86E-03	-2.74E-04	3.60	-1.76041E-05	3.59E-03		0.003386707			1.76041E-	
767	-5.93E-04			1.91E-02	12611	1.68E-03	1.43E-02	3.60	-0.00063143	1.35E-03		0.001352512			0.0006314	
785	2.25E-04			1.49E-02	12626	2.47E-03	4.01E-04	3.60	-0.000624282	4.02E-03		0.004015233			0.0006242	
803	2.01E-04			1.49E-02	12641	1.87E-03	1.56E-02	3.60	-0.000463017	-2.04E-04		0.000203523			0.0004630	
821	-8.59E-05			1.54E-02	12656	1.38E-03	2.03E-04	3.60	-0.000406385	4.21E-03		0.004208005			0.0004063	
839	-8.29E-04			1.69E-02	274	2.20E-03	6.81E-05	3.60	-0.000841491	4.67E-03		0.004667787			0.0008414	
6		32	1.27E-03	2.49E-02	9	1.48E-04	-3.69E-04	3.60	0.000311498	0.00225646	7.01E-03	0.000694445		0.007005541		0.0003114
		35	1.16E-03	2.46E-05	14490	-2.11E-03	-3.04E-04	3.60	0.000909444		9.12E-05			9.12204E-05		0.0009094
		30	-1.17E-05	4.17E-06	14158	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-3.2573E-06		1.16E-06			1.15902E-06		3.26E-
		70	-5.98E-05	-2.62E-04	14157	-3.50E-03	-3.37E-04	3.60	0.000956594		2.08E-05			2.08449E-05		0.0009565
		31	3.03E-02	-3.08E-03	13553	1.17E-03	1.09E-02	3.60	0.008100661		-3.90E-03			0.003895894		0.0081006
		486	-4.68E-04	-2.83E-03	13552	2.02E-02	-7.96E-04	3.60	-0.005730644		-5.66E-04			0.000566139		0.0057306
		519	-3.56E-05	-1.69E-04	13719	2.07E-04	-4.20E-04	3.60	-6.74955E-05		6.97E-05			6.97322E-05		6.74955E-
7		45	1.03E-04	-5.42E-04	13802	5.54E-06	2.36E-04	3.60	2.71256E-05	0.00036191	-2.16E-04	0.002909055		0.000216123		2.71256E-
		33	-2.67E-03	-9.93E-04	3	-4.17E-07	-3.18E-06	3.60	-0.000741994		-2.75E-04			0.000741994		-2.75E-04
		29	2.30E-04	-3.02E-05	265	2.75E-04	7.78E-04	3.60	-1.2437E-05		-2.25E-04			0.000224509		1.2437E-
		349	1.69E-04	-1.78E-04	266	-5.58E-04	-6.91E-04	3.60	0.000201984		1.43E-04			0.000142644		0.0002019
		1326	7.32E-05	-2.75E-03	14573	1.39E-03	1.19E-02	3.60	-0.000366951		-4.08E-03			0.004078492		0.0003669
		348	-5.22E-04	-6.70E-04	268	2.18E-03	7.29E-05	3.60	-0.000749916		-2.06E-04			0.000206288		0.0007499
		1361	4.19E-04	2.71E-02	14323	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000114495		7.54E-03			0.007539358		0.0001144
8		35	1.16E-03	2.46E-05	5	-7.74E-05	2.85E-02	3.60	0.000343577	0.00101471	-7.90E-03	0.000828663		0.0003435		-7.90E-03
		27	2.32E-04	-4.75E-04	1	-9.62E-06	-6.76E-04	3.60	6.70236E-05		5.60E-05			5.59603E-05		6.70236E-
		1422	-9.80E-05	-4.29E-05	15272	2.59E-03	2.06E-02	3.60	-0.000746715		-5.72E-03			0.0007467		0.0007467
		1455	-3.42E-04	4.37E-04	242	6.87E-04	-3.54E-04	3.60	-0.000285803		2.20E-04			0.000219622		0.0002858
		1473	1.66E-04	5.26E-04	14913	-8.60E-04	-1.54E-04	3.60	0.000285226		1.89E-04			0.00018897		0.0002852
		1491	-6.99E-04	-9.09E-04	14941	1.00E-02	8.43E-05	3.60	-0.002972999		-2.76E-04			0.00027593		0.0029729
		1509	-7.65E-04	-8.53E-04	14956	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.000212528		-2.37E-04			0.00023687		0.0002125
		1527	5.72E-04	5.67E-04	14971	1.30E-02	-4.55E-05	3.60	-0.003455366		1.70E-04			0.000170165		0.0034553
		28	1.34E-04	-5.59E-04	244	1.45E-03	5.59E-04	3.60	-0.000364707		-3.11E-04			0.000310628		0.0003647
		33	-2.67E-03	-9.93E-04	3	-4.17E-07	-3.18E-06	3.60	-0.000741994		-2.75E-04			0.000275045		0.0007419
		27	2.32E-04	-4.75E-04	1	-9.62E-06	-6.76E-04	3.60	6.70236E-05		5.60E-05			5.59603E-05		6.70236E-
		1424	-8.31E-05	2.34E-03	8844	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-2.30874E-05		6.50E-04			0.000649716		2.30874E-
		1426	6.70E-05	-1.16E-03	9011	1.00E-03	1.34E-04	3.60	-0.000259457		-3.59E-04			0.000358525		0.0002594
		1428	-1.40E-05	-1.40E-04	9095	8.46E-04	1.24E-04	3.60	-0.000238795		-7.35E-05		0.000238795		0.0002387	
1430	-1.06E-04	3.09E-03	9179	2.48E-04	3.08E-04	3.60	-9.82836E-05	7.7								



13	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)$ h	54	1.80E-04	-5.34E-04	17	8.04E-05	9.48E-06	3.60	2.77301E-05	-1.51E-04	0.00015091	2.77301E-
		1660	2.63E-02	-2.44E-03	21823	9.63E-04	4.35E-04	3.60	0.007038167	-8.00E-04	0.000799756	0.0070381
		1661	7.21E-04	1.94E-02	21841	1.34E-03	5.60E-04	3.60	0.005226714	5.23E-03	0.005226714	0.0052267
		1662	-4.03E-03	-8.54E-04	21859	1.67E-03	6.07E-04	3.60	0.000406073	-4.06E-04	0.000406073	0.0004060
		1663	-1.99E-04	-8.57E-04	21877	1.89E-03	5.34E-04	3.60	0.000386393	-3.86E-04	0.000386393	0.0003863
		1664	0.00E+00	0.00E+00	21895	2.40E-03	2.86E-04	3.60	7.93525E-05	-7.94E-05	0.000666	0.000666
		1665	-3.95E-06	-4.61E-04	21913	4.25E-03	3.67E-04	3.60	0.001180807	-2.30E-04	0.000229943	0.0011808
		53	4.47E-04	-2.76E-04	21931	6.83E-03	6.04E-04	3.60	0.000244384	-2.44E-04	0.000244384	0.0002443
		356	2.26E-04	-2.02E-04	22462	1.09E-02	1.03E-03	3.60	0.000341759	-3.42E-04	0.000341759	0.0003417
		52	-7.91E-05	-6.99E-04	21949	9.47E-03	8.55E-04	3.60	0.000431667	-4.32E-04	0.000431667	0.0004316
		1727	1.19E-03	9.47E-04	21967	1.16E-02	9.71E-04	3.60	6.68E-06	-6.68E-06	0.0028774	0.0028774
		1728	1.78E-04	-5.10E-04	21985	1.26E-02	7.68E-04	3.60	0.0003437328	-3.55E-04	0.0003437328	0.0003437
		1729	1.00E-05	-2.84E-04	22003	1.32E-02	2.32E-04	3.60	0.003659555	-1.43E-04	0.003659555	0.0036595
		1730	0.00E+00	0.00E+00	22021	1.48E-02	2.88E-04	3.60	7.99884E-05	-8.00E-05	0.0041232	0.0041232
		1731	-1.24E-05	-4.81E-06	22039	1.68E-02	5.69E-04	3.60	0.0001594	-1.59E-04	0.0046627	0.0001594
		51	-4.53E-03	-2.28E-03	334	2.09E-03	3.44E-04	3.60	0.001838013	-7.30E-04	0.001838013	0.0018380
		424	1.29E-02	-1.30E-03	22480	1.23E-02	9.59E-04	3.60	0.00062647	-6.26E-04	0.00062647	0.0006264
		50	2.59E-03	2.07E-02	335	-2.89E-04	2.80E-03	3.60	0.000798968	4.98E-03	0.000798968	0.0007989
		341	-3.90E-04	2.73E-03	340	1.27E-03	3.82E-04	3.60	-0.000462061	6.51E-04	0.000462061	0.0004620
		1736	0.00E+00	0.00E+00	22074	9.75E-05	-3.09E-04	3.60	-2.70905E-05	8.59E-05	2.70905E-05	2.70905E-05
		1737	2.26E-04	-3.10E-05	22109	1.82E-03	1.16E-05	3.60	1.18335E-05	-1.18E-05	0.0004427	0.0004427
		1738	6.40E-04	2.56E-04	22127	2.59E-03	4.99E-04	3.60	-0.000542274	-6.76E-05	0.000542274	0.0005422
		1739	1.58E-04	2.04E-03	22145	2.42E-03	6.66E-04	3.60	0.000628088	3.83E-04	0.000628088	0.0006280
		1740	-7.54E-04	-4.53E-04	22163	1.66E-03	5.22E-04	3.60	-0.000671891	-2.71E-04	0.000671891	0.0006718
		1741	3.72E-05	-6.32E-04	22181	6.32E-04	4.10E-05	3.60	0.000165155	-1.87E-04	0.000165155	0.0001651
		1742	0.00E+00	0.00E+00	22199	3.80E-04	-4.42E-04	3.60	-0.000105618	1.23E-04	0.000105618	0.0001056
		1743	7.34E-05	-3.12E-06	22217	1.72E-03	3.69E-04	3.60	0.000457909	-1.03E-04	0.000457909	0.0004579
		1744	1.38E-03	5.70E-04	22235	1.94E-03	6.87E-04	3.60	-0.000156596	-3.25E-05	0.000156596	0.0001565
		1745	3.51E-05	2.28E-03	22253	1.41E-03	5.62E-04	3.60	-0.000382981	4.78E-04	0.000382981	0.0003829
		1746	-1.19E-03	-7.00E-04	22271	4.25E-04	6.06E-06	3.60	-0.000196191	-1.96E-04	0.000196191	0.0001961
		1747	4.06E-04	-5.70E-05	22289	5.00E-06	5.11E-05	3.60	0.000111345	-3.00E-05	0.000111345	0.0001113
		1748	0.00E+00	0.00E+00	22307	1.99E-05	2.11E-04	3.60	-5.52496E-06	-5.52E-06	0.0007077E-05	0.0007077
		1749	6.77E-05	-5.17E-05	22325	3.57E-05	3.83E-04	3.60	8.894E-06	-1.21E-04	0.000120854	8.894E-06
		49	2.89E-02	5.74E-04	11	2.71E-04	-1.54E-04	3.60	0.007953464	2.03E-04	0.007953464	0.0079534
15		345	2.24E-05	-2.45E-04	344	2.33E-04	6.61E-05	3.60	-5.84827E-05	-8.64E-05	8.63735E-05	5.84827E-05
		343	3.15E-04	-2.38E-04	342	-1.42E-04	-4.44E-04	3.60	0.000126966	5.72E-05	5.71974E-05	0.0001269
		341	-3.90E-04	2.73E-03	340	1.27E-03	3.82E-04	3.60	-0.000462061	6.51E-04	0.000462061	0.0004620
		351	2.06E-04	4.25E-05	350	9.77E-04	6.30E-05	3.60	-0.000214416	-5.70E-06	5.70E-06	0.0002144
		974	2.22E-03	-2.00E-04	23122	-1.04E-03	-1.62E-03	3.60	0.000905201	3.94E-04	0.000905201	0.0009052
		975	1.27E-03	-3.52E-04	23157	-3.24E-03	-4.75E-03	3.60	0.001251932	1.22E-03	0.001251932	0.0012519
		976	2.69E-02	-2.36E-03	23175	-2.85E-03	-4.69E-03	3.60	0.008276139	6.48E-04	0.008276139	0.0082761
		977	-5.20E-04	2.34E-02	23193	-1.87E-03	-3.55E-03	3.60	0.000373596	7.48E-03	0.000373596	0.0003735
		978	1.48E-03	7.40E-04	23211	-7.90E-04	-2.28E-03	3.60	0.000629611	8.39E-04	0.000629611	0.0006296
		353	-3.63E-04	2.56E-03	352	1.71E-03	6.29E-04	3.60	-0.000575716	5.38E-04	0.000575716	0.0005757
		45	1.03E-04	-5.42E-05	7	-1.79E-04	-1.52E-03	3.60	7.8326E-05	2.71E-04	0.000270649	7.8326E-05
		537	3.36E-04	-1.71E-04	18405	-1.04E-03	-4.54E-04	3.60	0.000381788	7.88E-05	0.000381788	0.0003817
		538	1.28E-02	-1.34E-03	18423	-1.34E-03	-5.82E-04	3.60	0.000942035	-1.80E-04	0.000942035	0.0009420
		539	-2.56E-04	8.44E-03	18441	-1.65E-03	-7.13E-04	3.60	0.000387166	2.54E-03	0.000387166	0.0003871
		540	1.92E-05	-1.03E-03	18459	-1.96E-03	-8.43E-04	3.60	0.000549742	-5.07E-05	5.07313E-05	0.0005497
16		541	-1.70E-04	-1.66E-03	18477	-2.27E-03	-9.64E-04	3.60	0.000584703	-1.94E-04	0.000584703	0.0005847
		542	1.41E-03	-2.17E-04	18495	-2.66E-03	-1.13E-03	3.60	0.001295333	2.54E-04	0.001295333	0.0012953
		543	7.79E-05	-1.52E-04	18513	-2.90E-03	-1.26E-03	3.60	0.000825897	3.08E-04	0.000825897	0.0008258
		544	1.30E-02	-9.87E-04	18531	-3.12E-03	-1.37E-03	3.60	0.004469342	1.08E-04	0.004469342	0.0044693
		545	-2.45E-04	8.46E-03	18549	-3.33E-03	-1.48E-03	3.60	0.000856807	2.76E-03	0.000856807	0.0008568
		546	-7.35E-04	-2.27E-03	18567	-3.52E-03	-1.57E-03	3.60	0.000774099	-1.96E-04	0.000774099	0.0007740
		547	-5.79E-04	-9.68E-04	18585	-3.70E-03	-1.64E-03	3.60	0.000867906	1.85E-04	0.000867906	0.0008679
		548	9.91E-04	-1.51E-04	18603	-3.88E-03	-1.76E-03	3.60	0.001352588	4.46E-04	0.001352588	0.0013525
		549	-1.12E-05	-1.55E-04	18621	-3.99E-03	-1.84E-03	3.60	0.00146256	4.67E-04	0.00146256	0.0014625
		550	1.30E-02	-9.84E-04	18639	-4.10E-03	-1.90E-03	3.60	0.004749415	2.55E-04	0.004749415	0.0047494
		551	-1.86E-04	8.41E-03	18657	-4.19E-03	-1.96E-03	3.60	0.001112947	2.88E-03	0.001112947	0.0011129
		552	-1.27E-03	-2.29E-03	18675	-4.28E-03	-2.01E-03	3.60	0.000835977	-7.72E-05	0.000835977	0.0008359
		46	-9.30E-06	-2.64E-04	346	1.71E-03	6.30E-04	3.60	-0.000476824	-2.48E-04	0.000476824	0.0004768
		347	-3.78E-04	2.72E-03	15	-9.94E-04	-7.83E-04	3.60	0.000171052	9.74E-04	0.000171052	0.0001710

17	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	36	1.63E-04	-5.05E-04	25	-2.73E-04	-1.55E-03	3.60	0.00012108		2.91E-04		0.00029122		0.000121
		20947	9.48E-03	7.16E-04	20912	2.98E-04	2.54E-03	3.60	0.002550732		-5.08E-04		0.000550718		0.0025507
		21109	2.08E-02	4.39E-04	21091	1.99E-02	4.93E-04	3.60	0.000253055		-1.50E-05		1.50227E-05		0.0002530
		21202	0.00E+00	0.00E+00	21184	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00187315	0.00153158	0.00E+00		0	
		21295	0.00E+00	0.00E+00	21277	2.87E-02	1.72E-03	3.60	-0.007970444		-4.78E-04		0.000478315		0.0079704
18		35	1.16E-03	2.46E-05	5	-7.74E-05	2.85E-02	3.60	0.000343577		-7.90E-03		0.0007897052		0.0003435
		34	-4.39E-04	-1.49E-03	23	1.19E-03	2.72E-02	3.60	-0.000452873		-7.97E-03		0.000452873		0.0004528
		17767	0.00E+00	0.00E+00	17732	1.51E-03	3.24E-04	3.60	-0.000420517		-9.01E-05		0.000420517		0.0004205
		17929	6.86E-03	2.09E-04	17911	4.47E-03	9.20E-05	3.60	0.000664042		3.25E-05		0.000664042		0.0006640
		18022	0.00E+00	0.00E+00	18004	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00042785	0.000427853	0.00E+00		0	
19		18115	2.18E-02	-2.02E-04	18097	2.07E-02	-2.39E-04	3.60	0.000287695		1.02E-05		0.000287695		0.0002876
		33	-2.67E-03	-9.93E-04	3	-4.17E-07	-3.18E-06	3.60	-7.42E-04		-2.75E-04		0.000741994		0.0007419
		34	-4.39E-04	-1.49E-03	23	1.19E-03	2.72E-02	3.60	-0.000452873		-7.97E-03		0.0007973193		0.0004528
		22913	6.26E-04	-7.64E-05	22895	1.06E-03	-2.93E-04	3.60	-0.000120741		6.00E-05		6.00152E-05		0.0001207
		22932	0.00E+00	0.00E+00	22914	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00011768	0.001197463	0.00E+00		0	
20		22951	1.30E-02	-9.14E-04	22933	1.30E-02	-9.92E-04	3.60	-3.87221E-06		2.16E-05		2.15908E-05		3.87E-
		22970	-1.60E-04	8.29E-03	22952	-1.58E-04	8.35E-03	3.60	-5.57066E-07		-1.81E-05		1.81176E-05		5.57E-
		22989	-2.12E-03	-4.03E-03	22971	-2.57E-03	-3.97E-03	3.60	0.000124629		-1.81E-05		1.81058E-05		0.0001246
		36	1.63E-04	-5.05E-04	25	-2.73E-04	-1.55E-03	3.60	0.00012108		2.91E-04		0.00029122		0.000121
		59	2.58E-03	2.07E-02	326	1.76E-04	-2.99E-04	3.60	0.000664821	0.00043604	5.83E-03	0.002029971	0.005830782		0.0006648
21		1560	2.10E-04	-4.80E-04	22711	0.00E+00	0.00E+00	3.60	5.83925E-05		-1.33E-04		0.000133472		5.83925E-
		328	2.08E-03	3.48E-04	327	-2.34E-05	-1.05E-04	3.60	0.000582901		1.26E-04		0.000125658		0.0005829
		86	1.24E-03	2.47E-02	44	8.91E-04	-3.45E-04	3.60	9.81105E-05		6.97E-03		0.006970494		9.81105E-
		12413	1.82E-05	3.13E-03	1583	-3.38E-04	1.67E-03	3.60	9.89563E-05		4.06E-04		0.000406244		9.89563E-
		15477	5.45E-05	-1.39E-04	1595	-1.03E-04	1.12E-03	3.60	4.36813E-05		-3.51E-04		0.000350801		4.36813E-
		15564	-3.00E-03	-6.95E-04	1608	-3.61E-03	-1.98E-04	3.60	0.000169516		-1.38E-04		0.000138017		0.0001695
		15650	1.98E-03	5.09E-04	57	4.96E-05	1.93E-05	3.60	0.000537477		1.36E-04		0.000135999		0.0005374
		15738	-4.02E-03	-1.04E-03	15720	-3.98E-03	-1.01E-03	3.60	-1.24815E-05		-6.83E-06		6.83E-06		1.24815E-
		15826	0.00E+00	0.00E+00	15808	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00192196	0.000870741	0.00E+00		0	
		85	2.76E-02	4.43E-03	43	-1.88E-04	-9.47E-04	3.60	0.007726122		1.49E-03		0.001493104		0.0077261
		17120	1.78E-03	1.42E-02	17102	1.68E-03	1.34E-02	3.60	2.89064E-05		2.31E-04		0.000231082		2.89064E-
		84	1.60E-05	-1.75E-06	42	-3.12E-03	1.81E-03	3.60	0.000870094		-5.02E-04		0.000502259		0.0008700
		16031	3.32E-03	3.85E-04	15996	-3.90E-05	-2.58E-04	3.60	0.000933705		1.79E-04		0.0001788		0.0009337
		16168	0.00E+00	0.00E+00	16150	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0		0
		16256	2.51E-03	2.00E-02	16238	2.43E-03	1.94E-02	3.60	2.20265E-05		1.67E-04		0.000167357		2.20265E-
		16344	-2.04E-04	-7.76E-05	16326	-1.53E-04	-5.86E-05	3.60	-1.41794E-05		-5.30E-06		5.30E-06		1.41794E-
		120	9.81E-04	2.75E-04	64	3.45E-05	-7.14E-04	3.60	0.000263008		2.75E-04		0.000274863		0.0002630
		83	2.05E-04	9.48E-05	41	2.60E-03	2.08E-02	3.60	-0.000664258		-5.74E-03		0.005743259		0.0006642
		102	-2.24E-05	3.26E-05	67	2.90E-02	6.08E-04	3.60	-0.008056263		-1.40E-04		0.000159694		0.0080562
		82	-7.28E-05	-7.83E-04	40	3.03E-02	-3.25E-03	3.60	-0.008430894		6.86E-04		0.000686123		0.0084308
		4276	-1.25E-04	-3.11E-04	904	2.13E-02	-2.03E-03	3.60	-0.005952223		4.77E-04		0.000477233		0.0059522
		4294	2.59E-04	2.25E-04	922	2.03E-02	2.54E-05	3.60	-0.005603885		5.55E-05		5.55378E-05		0.0056038
		96	3.17E-03	-1.11E-03	48	2.26E-06	-1.62E-05	3.60	0.000878953		-3.03E-04		0.000302576		0.0008789



22	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)$	96	3.17E-03	-1.11E-03	48	2.26E-06	-1.62E-05	3.60	0.000878953	0.00041645	-3.04E-04	0.004728839		0.000303833		0.0008789
		4327	2.03E-03	-2.72E-05	955	2.12E-04	-5.19E-04	3.60	0.00050459					0.000136611		0.000504
		4345	2.32E-03	-7.81E-04	973	-8.83E-05	-1.81E-03	3.60	0.000667889					0.000285833		0.0006678
		4563	-2.31E-04	2.76E-04	989	6.06E-05	2.21E-02	3.60	0.006062222					8.09697E-		8.09697E-
		4381	2.13E-03	-4.74E-04	1007	2.11E-03	1.75E-02	3.60	4.4585E-06					0.004992778		4.4585E-
		4399	2.09E-03	-3.24E-04	1025	2.33E-03	1.75E-02	3.60	-6.75772E-05					0.004951111		6.75772E-
		4417	2.06E-03	-1.74E-04	1043	2.69E-04	2.50E-02	3.60	0.000496975					0.006992778		0.0004969
		4435	2.03E-03	-2.80E-05	1061	2.23E-03	1.75E-02	3.60	-5.57961E-05					0.004868889		5.57961E-
		4453	2.32E-03	-7.79E-04	1079	1.25E-05	2.22E-02	3.60	0.000639609					0.006383056		0.0006396
		4471	2.20E-03	-6.29E-04	1097	7.66E-04	2.07E-02	3.60	0.000397583					0.005924722		0.0003975
		4489	2.13E-03	-4.80E-04	1115	7.59E-04	2.07E-02	3.60	0.000382186					0.005883333		0.0003821
		4507	2.09E-03	-3.27E-04	1133	-2.21E-05	2.23E-02	3.60	0.000587242					0.006285278		0.0005872
		4525	2.06E-03	-1.75E-04	1151	-2.77E-04	2.28E-02	3.60	0.000648435					0.006381944		0.0006484
		4543	2.02E-03	-2.85E-05	1169	4.09E-04	2.13E-02	3.60	0.000448533					0.005924583		0.0004485
		4561	2.31E-03	-7.75E-04	1187	3.61E-04	2.13E-02	3.60	0.000539981					0.006131944		0.0005399
		4579	2.21E-03	-6.36E-04	1205	5.19E-04	2.12E-02	3.60	0.00046861					0.006065556		0.000468
		4597	2.14E-03	-4.85E-04	1223	3.59E-04	2.15E-02	3.60	0.000495197					0.006106944		0.0004951
		4615	2.09E-03	-3.29E-04	1241	3.48E-04	2.14E-02	3.60	0.000485134					0.006035833		0.0004851
		81	1.83E-04	-4.81E-04	39	-4.38E-05	-1.05E-05	3.60	6.28843E-05					0.000130694		6.28843E-
23		87	-3.66E-03	-3.92E-03	49	2.89E-02	5.76E-04	3.60	-0.00904692	0.00148181	-1.25E-03	0.001064256		0.001248889		0.0090446
		80	1.13E-03	9.89E-05	38	1.04E-04	-5.00E-05	3.60	0.000283761					4.13611E-05		0.0002837
		4616	-8.91E-05	1.39E-03	1242	-2.50E-03	-3.23E-03	3.60	0.000670274					0.001283333		0.0006702
		4617	-1.14E-03	-1.43E-03	1243	1.00E-04	-5.49E-04	3.60	-0.000344719					0.000244722		0.0003447
		4618	1.13E-04	1.26E-04	1244	1.09E-03	1.35E-04	3.60	-0.000271645					0.0000025		0.0002716
		4619	-8.03E-04	-7.69E-04	1245	1.50E-04	-4.24E-04	3.60	-0.000264667					9.58333E-05		0.0002646
		4620	0.00E+00	0.00E+00	1246	2.43E-02	2.84E-03	3.60	0.000788889					0.000788889		0.0007889
		4621	2.08E-03	-2.78E-04	1247	3.82E-04	2.13E-02	3.60	0.000472027					0.0005993889		0.0004720
		4622	-8.16E-05	1.39E-03	1248	-2.72E-03	-3.24E-03	3.60	0.00073271					0.001286111		0.0007327
		4623	-1.08E-03	-1.35E-03	1249	1.96E-04	-4.16E-04	3.60	-0.000259444					0.000259444		0.0002594
		4624	1.97E-04	2.27E-04	1250	9.79E-04	4.83E-05	3.60	-0.000217135					4.96389E-05		0.0002171
		4625	-7.46E-04	-7.16E-04	1251	2.08E-04	-4.15E-04	3.60	-0.000265033					8.36111E-05		0.0002650
		4626	0.00E+00	0.00E+00	1252	2.39E-02	3.35E-03	3.60	-0.00625519					0.000930556		0.0062551
		4627	2.07E-03	-2.27E-04	1253	3.66E-04	2.13E-02	3.60	0.000473191					0.000597972		0.0004731
		4628	-7.34E-05	1.39E-03	1254	-2.40E-03	-3.85E-03	3.60	0.000645164					0.001455556		0.0006451
		4629	-9.77E-04	-1.24E-03	1255	1.47E-04	-7.12E-04	3.60	-0.000312236					0.000146667		0.0003122
		4630	2.71E-04	3.13E-04	1256	6.44E-04	-1.59E-04	3.60	-0.000109208					0.000131111		0.0001092
		4631	-6.71E-04	-6.41E-04	1257	2.26E-04	-3.95E-04	3.60	-0.000249091					6.83333E-05		0.0002490
		81	1.83E-04	-4.81E-04	39	-4.38E-05	-1.05E-05	3.60	6.28843E-05					0.000130694		6.28843E-
24		78	-8.77E-06	-6.86E-03	32	1.27E-03	2.49E-02	3.60	-0.000354941	0.00140292	-8.82E-03	0.001652304		0.000882222		0.0003549
		4228	5.02E-04	4.16E-04	857	-4.59E-04	1.61E-02	3.60	0.000266949					0.004356667		0.0002669
		4229	-1.05E-04	5.45E-05	858	-3.49E-03	-5.63E-03	3.60	0.000939133					0.001579028		0.0009391
		4230	0.00E+00	0.00E+00	859	2.09E-04	6.20E-04	3.60	-5.79422E-05					0.000172222		5.79422E-
		4231	2.01E-03	6.92E-05	860	-3.26E-04	-8.61E-04	3.60	0.000647389					0.000258389		0.0006473
		4232	-8.37E-05	1.71E-03	861	1.64E-04	-2.86E-04	3.60	-6.86818E-05					0.000554444		6.86818E-
		4233	-3.89E-04	-4.13E-04	862	1.99E-02	6.79E-04	3.60	-0.005646163					0.000303333		0.0056461
		4234	2.35E-04	1.06E-04	863	-4.62E-04	1.61E-02	3.60	0.000442778					0.000442778		0.0001937
		4235	-7.41E-05	5.21E-05	864	-3.02E-03	-3.62E-03	3.60	0.000817018					0.001020028		0.0008170
		4236	0.00E+00	0.00E+00	865	1.41E-04	9.63E-04	3.60	-3.9052E-05					0.0002675		3.9052E-
		4237	2.31E-03	-7.79E-04	866	-7.39E-04	-1.83E-03	3.60	0.000846422					0.000291944		0.0008464
		4238	-1.53E-04	1.62E-03	867	1.41E-04	-2.83E-04	3.60	-8.15665E-05					0.000528611		8.15665E-
		4239	-1.11E-03	1.22E-05	868	1.99E-02	6.77E-04	3.60	-0.005847852					0.000848667		0.0058478
		4240	-5.03E-04	-1.12E-03	869	-6.77E-04	1.65E-02	3.60	4.84712E-05					0.004894444		4.84712E-
		4241	-8.28E-04	-1.61E-04	870	-3.84E-03	-6.14E-03	3.60	0.000837611					0.001660833		0.0008376
		4242	5.12E-05	-1.82E-04	871	-1.56E-04	7.14E-04	3.60	5.76216E-05					0.000248889		5.76216E-
		4243	2.25E-03	-7.19E-04	872	-4.60E-04	-1.65E-03	3.60	0.000752771					0.000258611		0.0007527
		79	-3.42E-04	-1.33E-03	37	4.47E-05	-2.49E-04	3.60	-0.00010744					0.000300278		0.0001074
		87	-3.66E-03	-3.92E-03	49	2.89E-02	5.76E-04	3.60	-0.00904692					0.001248889		0.0090446

25	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)$	93	-5.26E-06	1.55E-04	45	1.03E-04	-5.42E-04	3.60	-3.01256E-05	1.94E-04	0.000193611	3.01256E-		
		3922	-3.00E-04	-1.05E-03	553	-2.94E-04	-1.10E-03	3.60	-1.49867E-06	1.39E-05	1.38889E-05	1.49867E-		
		3940	-1.85E-04	-6.45E-04	571	4.32E-04	-9.01E-04	3.60	-0.000171337	7.11E-05	7.1111E-05	0.0001713		
		3958	1.09E-04	-7.92E-05	589	1.36E-04	-6.13E-04	3.60	-7.45744E-06	1.48E-04	0.000148278	7.46E-		
		3976	2.08E-03	4.11E-04	605	-3.95E-04	8.86E-03	3.60	0.000686297	-2.35E-03	0.002346944	0.0006862		
		3994	7.15E-04	6.62E-04	623	-3.98E-04	9.11E-03	3.60	0.0003092	-2.35E-03	0.002346667	0.000309		
		4012	5.41E-04	3.76E-04	641	-5.07E-04	8.50E-03	3.60	0.000291295	-2.26E-03	0.002256667	0.0002912		
		4030	-4.14E-04	-1.09E-03	659	-4.35E-04	9.52E-03	3.60	5.85802E-06	-2.95E-03	0.002947222	5.85802E-		
		4048	-2.56E-04	-6.83E-04	677	-8.50E-04	8.65E-03	3.60	0.000165048	-2.59E-03	0.0025925	0.0001650		
		4066	7.66E-05	-9.91E-05	695	3.11E-05	1.52E-02	3.60	1.26224E-05	-4.25E-03	0.00424975	1.26224E-		
		4084	4.50E-04	4.12E-04	713	-3.58E-04	1.59E-02	3.60	0.000224408	-4.30E-03	0.004302222	0.0002244		
		4102	7.15E-04	6.82E-04	731	1.40E-03	1.26E-02	3.60	-0.000191078	-3.31E-03	0.003310556	0.0001910		
		4120	5.31E-04	4.06E-04	749	1.80E-03	1.26E-02	3.60	-0.000351463	-3.39E-03	0.003387222	0.0003514		
		4138	-4.97E-04	-1.11E-03	767	-5.93E-04	1.91E-02	3.60	2.66956E-05	-5.61E-03	0.005613889	2.66956E-		
		4156	-3.15E-04	-6.99E-04	785	2.25E-04	1.49E-02	3.60	-0.000149898	-4.33E-03	0.004333056	0.0001498		
		4174	3.94E-05	-1.14E-04	803	2.01E-04	1.49E-02	3.60	-4.48947E-05	-4.17E-03	0.004170556	4.48947E-		
26	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)$	4192	4.23E-04	4.00E-04	821	-8.59E-05	1.54E-02	3.60	0.000141351	-4.17E-03	0.004166667	0.0001413		
		4210	6.86E-04	6.79E-04	839	-8.29E-04	1.69E-02	3.60	0.000420811	-4.51E-03	0.004505833	0.0004208		
		78	-8.77E-06	-6.86E-03	32	1.27E-03	2.49E-02	3.60	-0.000354941	-8.82E-03	0.008822222	0.0003549		
		97	6.56E-04	8.21E-04	35	1.16E-03	2.46E-05	3.60	-0.000139835	2.21E-04	0.000221222	0.0001398		
		76	2.91E-02	5.84E-04	30	-1.17E-05	4.17E-06	3.60	0.008075487	1.61E-04	0.000161064	0.0080754		
		101	2.43E-05	1.23E-04	70	-5.98E-05	-2.62E-04	3.60	2.33688E-05	1.07E-04	0.000106944	2.33688E-		
		77	-1.13E-04	2.86E-02	31	3.03E-02	-3.08E-03	3.60	-0.008457923	8.80E-03	0.0008	0.0084579		
		3854	-2.29E-04	1.94E-03	484	-4.68E-04	-2.83E-03	3.60	6.62421E-05	1.33E-03	0.001325	6.62421E-		
		3888	0.00E+00	0.00E+00	519	-3.56E-05	-1.69E-04	3.60	9.87591E-06	4.69E-05	4.69444E-05	9.87591E-		
		93	-5.26E-06	1.55E-04	45	1.03E-04	-5.42E-04	3.60	-3.01256E-05	1.94E-04	0.000193611	3.01256E-		
		118	2.04E-03	-4.20E-04	36	1.63E-04	-5.05E-04	3.60	0.000520187	2.36E-05	0.000108611	0.0005201		
		20982	9.43E-05	-2.11E-04	20947	9.48E-03	7.16E-04	3.60	-0.002607453	-2.58E-04	0.0002575	0.0026074		
		21127	2.22E-02	6.59E-04	21109	2.08E-02	4.39E-04	3.60	0.000392935	6.11E-05	6.11111E-05	0.0003929		
		21220	0.00E+00	0.00E+00	21202	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00E+00	0	0		
		21313	0.00E+00	0.00E+00	21295	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00E+00	0	0		
		27	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)$	97	6.56E-04	8.21E-04	35	1.16E-03	2.46E-05	3.60	-0.000139835	2.21E-04	0.000221222	0.0001398
107	-8.13E-05			-2.71E-05	33	-2.67E-03	-9.93E-04	3.60	0.00071953	2.68E-04	0.000268306	0.0007195		
75	1.21E-05			-6.06E-05	29	2.30E-04	-3.02E-05	3.60	-6.04928E-05	8.44E-06	6.04928E-	8.44E-06		
4677	-2.08E-04			2.06E-05	349	1.69E-04	-1.78E-04	3.60	-0.000104897	5.52E-05	5.51667E-05	0.0001048		
4711	2.13E-03			-4.37E-04	1326	7.32E-05	-2.75E-03	3.60	0.000571082	6.43E-04	0.0006425	0.0005710		
4729	2.08E-03			-2.79E-04	348	-5.22E-04	-6.70E-04	3.60	0.000723629	1.09E-04	0.000108611	0.0007236		
4747	2.05E-03			-1.26E-04	1361	4.19E-04	2.71E-02	3.60	0.000451623	-7.56E-03	0.007562778	0.0004516		
97	6.56E-04			8.21E-04	35	1.16E-03	2.46E-05	3.60	-0.000139835	2.21E-04	0.000221222	0.0001398		
73	7.81E-05			-1.03E-03	27	2.32E-04	-4.75E-04	3.60	-4.2668E-05	-1.54E-04	0.000154167	4.2668E-		
4767	-2.17E-04			-3.72E-04	1422	-9.80E-05	-4.29E-05	3.60	-3.31708E-05	-9.14E-05	9.14167E-05	3.31708E-		
4800	0.00E+00			0.00E+00	1455	-3.42E-04	4.37E-04	3.60	9.50898E-05	-1.21E-04	0.000121389	9.50898E-		
4818	0.00E+00			0.00E+00	1473	1.66E-04	5.26E-04	3.60	-4.62029E-05	-1.46E-04	0.000146111	4.62029E-		
4836	0.00E+00			0.00E+00	1491	-6.99E-04	-9.09E-04	3.60	0.000194226	2.53E-04	0.0002525	0.0001942		
4854	0.00E+00			0.00E+00	1509	-7.65E-04	-8.53E-04	3.60	0.000212528	2.37E-04	0.000236944	0.0002125		
4872	0.00E+00			0.00E+00	1527	5.72E-04	5.67E-04	3.60	-0.000158753	-1.58E-04	0.00015875	0.0001587		
28	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)$			74	1.69E-04	-1.87E-04	28	1.34E-04	-5.59E-04	3.60	9.8743E-06	1.03E-04	0.000103333	9.8743E-
		107	-8.13E-05	-2.71E-05	33	-2.67E-03	-9.93E-04	3.60	0.00071953	2.68E-04	0.000268306	0.0007195		
		106	-1.02E-04	-1.55E-03	34	-4.39E-04	-1.49E-03	3.60	9.35688E-05	-1.67E-05	1.66667E-05	9.35688E-		
		17802	4.06E-05	-1.53E-06	17767	0.00E+00	0.00E+00	3.60	1.12881E-05	-4.25E-07	0.000004425	1.12881E-		
		17947	9.36E-03	3.04E-04	17929	6.86E-03	2.09E-04	3.60	0.000693459	2.64E-05	2.63889E-05	0.0006934		
		18040	0.00E+00	0.00E+00	18022	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00E+00	0	0		
		18133	2.29E-02	-6.81E-05	18115	2.18E-02	-2.02E-04	3.60	0.000324207	3.72E-05	3.71944E-05	0.0003242		
		107	-8.13E-05	-2.71E-05	33	-2.67E-03	-9.93E-04	3.60	0.00071953	2.68E-04	0.000268306	0.0007195		
		29	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)$	73	7.81E-05	-1.03E-03	27	2.32E-04	-4.75E-04	3.60	-4.2668E-05	-1.54E-04	0.000154167	4.2668E-
				4767	-2.17E-04	-3.72E-04	1422	-9.80E-05	-4.29E-05	3.60	-3.31708E-05	-9.14E-05	9.14167E-05	3.31708E-
				4800	0.00E+00	0.00E+00	1455	-3.42E-04	4.37E-04	3.60	9.50898E-05	-1.21E-04	0.000121389	9.50898E-
				4818	0.00E+00	0.00E+00	1473	1.66E-04	5.26E-04	3.60	-4.62029E-05	-1.46E-04	0.000146111	4.62029E-
				4836	0.00E+00	0.00E+00	1491	-6.99E-04	-9.09E-04	3.60	0.000194226	2.53E-04	0.0002525	0.0001942
				4854	0.00E+00	0.00E+00	1509	-7.65E-04	-8.53E-04	3.60	0.000212528	2.37E-04	0.000236944	0.0002125
				4872	0.00E+00	0.00E+00	1527	5.72E-04	5.67E-04	3.60	-0.000158753	-1.58E-04	0.00015875	0.0001587
				74	1.69E-04	-1.87E-04	28	1.34E-04	-5.59E-04	3.60	9.8743E-06	1.03E-04	0.000103333	9.8743E-
107	-8.13E-05			-2.71E-05	33	-2.67E-03	-9.93E-04	3.60	0.00071953	2.68E-04	0.000268306	0.0007195		
106	-1.02E-04			-1.55E-03	34	-4.39E-04	-1.49E-03	3.60	9.35688E-05	-1.67E-05	1.66667E-05	9.35688E-		
17802	4.06E-05			-1.53E-06	17767	0.00E+00	0.00E+00	3.60	1.12881E-05	-4.25E-07	0.000004425	1.12881E-		
17947	9.36E-03			3.04E-04	17929	6.86E-03	2.09E-04	3.60	0.000693459	2.64E-05	2.63889E-05	0.0006934		
18040	0.00E+00			0.00E+00	18022	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00E+00	0	0		
18133	2.29E-02			-6.81E-05	18115	2.18E-02	-2.02E-04	3.60	0.000324207	3.72E-05	3.71944E-05	0.0003242		
107	-8.13E-05			-2.71E-05	33	-2.67E-03	-9.93E-04	3.60	0.00071953	2.68E-04	0.000268306	0.0007195		
30	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)$			73	7.81E-05	-1.03E-03	27	2.32E-04	-4.75E-04	3.60	-4.2668E-05	-1.54E-04	0.000154167	4.2668E-
		4767	-2.17E-04	-3.72E-04	1422	-9.80E-05	-4.29E-05	3.60	-3.31708E-05	-9.14E-05	9.14167E-05	3.31708E-		
		4800	0.00E+00	0.00E+00	1455	-3.42E-04	4.37E-04	3.60	9.50898E-05	-1.21E-04	0.000121389	9.50898E-		
		4818	0.00E+00	0.00E+00	1473	1.66E-04	5.26E-04	3.60	-4.62029E-05	-1.46E-04	0.000146111	4.62029E-		
		4836	0.00E+00	0.00E+00	1491	-6.99E-04	-9.09E-04	3.60	0.000194226	2.53E-04	0.0002525	0.0001942		
		4854	0.00E+00	0.00E+00	1509	-7.65E-04	-8.53E-04	3.60	0.000212528	2.37E-04	0.000236944	0.0002125		
		4872	0.00E+00	0.00E+00	1527	5.72E-04	5.67E-04	3.60	-0.000158753	-1.58E-04	0.00015875	0.0001587		
		74	1.69E-04	-1.87E-04	28	1.34E-04	-5.59E-04	3.60	9.8743E-06	1.03E-04	0.000103333	9.8743E-		
		107	-8.13E-05	-2.71E-05	33	-2.67E-03	-9.93E-04	3.60	0.00071953	2.68E-04	0.000268306	0.0007195		
		106	-1.02E-04	-1.55E-03	34	-4.39E-04	-1.49E-03	3.60	9.35688E-05	-1.67E-05	1.66667E-05	9.35688E-		
		17802	4.06E-05	-1.53E-06	17767	0.00E+00	0.00E+00	3.60	1.12881E-05	-4.25E-07	0.000004425	1.12881E-		
		17947	9.36E-03	3.04E-04	17929	6.86E-03	2.09E-04	3.60	0.000693459	2.64E-05	2.63889E-05	0.0006934		
		18040	0.00E+00	0.00E+00	18022	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00E+00	0	0		
		18133	2.29E-02	-6.81E-05	18115	2.18E-02	-2.02E-04	3.60	0.000324207	3.72E-05	3.71944E-05	0.0003242		
		107	-8.13E-05	-2.71E-05	33	-2.67E-03	-9.93E-04	3.60	0.00071953	2.68E-04	0.000268306	0.0007195		



31	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	73	7.81E-05	-1.03E-03	27	2.32E-04	-4.75E-04	3.60	-4.26668E-05	0.00053678	-1.54E-04	0.000294879		0.000154167		4.26668E-05
		4769	-8.51E-05	-1.68E-04	1424	-8.31E-05	2.34E-03	3.60	-5.52691E-07		-6.97E-04			0.000696667		5.53E-07
		4771	2.00E-03	6.50E-05	1426	6.70E-05	-1.16E-03	3.60	0.000537142		3.40E-04			0.000340278		0.0005371
		4773	-1.69E-04	-3.40E-04	1428	-1.40E-05	-1.40E-04	3.60	-4.30366E-05		-5.56E-05			5.55556E-05		4.30366E-05
		4775	-1.43E-05	-9.17E-05	1430	-1.04E-04	3.09E-03	3.60	2.54017E-05		-8.84E-04			0.000883806		2.54017E-05
		4777	2.26E-03	-7.56E-04	1432	-4.52E-05	-1.28E-03	3.60	0.00064089		1.46E-04			0.000145556		0.000640
		4779	-4.03E-05	4.68E-04	1434	-6.10E-05	-1.11E-04	3.60	5.75686E-06		1.61E-04			0.000160833		5.75686E-06
		4781	1.74E-04	-2.38E-04	1436	-2.08E-09	2.79E-03	3.60	4.88136E-05		-8.41E-04			0.000841111		4.88136E-05
		4783	2.26E-03	-7.31E-04	1438	-5.58E-05	-1.32E-03	3.60	0.000642069		1.64E-04			0.000163611		0.0006420
		369	-9.55E-05	-9.33E-05	366	-6.60E-04	-1.95E-03	3.60	0.000156686		5.16E-04			0.00051575		0.0001566
		4786	-2.11E-04	-6.59E-04	1441	8.14E-03	-7.68E-04	3.60	-0.002318396		3.03E-05			3.02778E-05		0.0023183
		4788	0.00E+00	0.00E+00	1443	5.60E-05	-1.04E-03	3.60	-1.55556E-05		2.89E-04			0.000288889		1.55556E-05
		4790	-9.56E-05	1.28E-03	1445	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-2.65648E-05		3.56E-04			0.000355556		2.65648E-05
		4792	-1.95E-04	-5.35E-04	1447	7.73E-03	-7.58E-04	3.60	-0.00201872		6.19E-05			6.19444E-05		0.0020187
		4794	0.00E+00	0.00E+00	1449	-3.09E-04	0.00E+00	3.60	8.59336E-05		-1.10E-04			0.00011		8.59336E-05
		4796	-9.46E-05	1.27E-03	1451	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-2.62778E-05		3.53E-04			0.000352778		2.62778E-05
		4798	-1.87E-04	-4.24E-04	1453	1.14E-02	-1.33E-03	3.60	-0.003204834		2.52E-04			0.000251667		0.0032048
		117	4.35E-04	-4.68E-04	55	-6.68E-05	-3.15E-04	3.60	0.000139341		-4.25E-05			0.0000425		0.0001393
32	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	92	3.14E-04	1.23E-05	54	1.80E-04	-5.34E-04	3.60	3.70069E-05	0.00102548	1.52E-04	0.000750763		0.00015175		3.70069E-05
		362	1.45E-04	-7.65E-06	361	4.81E-04	2.28E-04	3.60	-9.34296E-05		6.12E-05			6.12083E-05		9.34296E-05
		436	1.31E-02	1.87E-04	63	2.57E-04	-5.18E-04	3.60	0.003579473		1.96E-04			0.000195833		0.0035794
		4638	0.00E+00	0.00E+00	333	5.52E-05	-1.73E-04	3.60	-1.53342E-05		4.81E-05			4.80556E-05		1.53342E-05
		4640	-5.58E-05	1.38E-03	1409	6.23E-05	2.81E-02	3.60	-3.28243E-05		-7.42E-03			-1.05042E-04		3.28243E-05
		4642	3.66E-04	4.22E-04	1411	-3.23E-04	-1.64E-03	3.60	0.000191247		5.73E-04			0.000572778		0.0001912
		4644	0.00E+00	0.00E+00	1413	1.72E-04	-4.32E-04	3.60	-4.79024E-05		1.20E-04			0.00012		4.79024E-05
		4646	-4.68E-05	1.38E-03	1415	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-1.30071E-05		3.83E-04			0.000383333		1.30071E-05
		4648	3.71E-04	4.26E-04	1417	9.30E-04	-2.01E-04	3.60	-0.000155147		1.74E-04			0.000174167		0.0001551
		4650	0.00E+00	0.00E+00	1419	3.67E-05	-4.91E-04	3.60	-1.01957E-05		1.36E-04			0.000136389		1.01957E-05
		4652	-3.80E-05	1.39E-03	1421	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-1.05643E-05		3.86E-04			0.000386111		1.05643E-05
		105	-7.61E-04	2.47E-03	65	4.48E-04	2.30E-04	3.60	-0.000335695		6.22E-04			0.000622222		0.0003356
		19348	1.90E-02	3.12E-04	19004	2.27E-03	8.73E-05	3.60	0.004645579		6.24E-05			6.24167E-05		0.0046455
		19330	1.81E-02	1.25E-04	19023	2.01E-04	-5.94E-05	3.60	0.004963341		5.12E-05			5.12222E-05		0.0049633
		120	9.81E-04	2.75E-04	64	3.45E-05	-7.14E-04	3.60	0.000263008		2.75E-04			0.000274722		0.0002630
33	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	97	6.56E-04	8.21E-04	35	1.16E-03	2.46E-05	3.60	-0.000139835	0.00100287	2.21E-04	0.001847053		0.000221222		0.0001398
		4765	2.01E-03	1.91E-05	1379	4.57E-04	2.71E-02	3.60	0.000432004		-7.52E-03			0.007522472		0.0004320
		4766	-1.25E-05	1.30E-03	1380	-9.99E-04	-7.79E-04	3.60	0.0002739		5.78E-04			0.0005575		0.0002739
		98	1.24E-03	4.27E-04	68	1.25E-03	2.48E-02	3.60	-2.47729E-06		-6.77E-03			0.006770278		2.48E-02
		4654	3.36E-04	3.76E-04	1381	-1.56E-04	-1.55E-03	3.60	0.000136678		5.35E-04			0.000535		0.0001366
		4656	0.00E+00	0.00E+00	1382	3.47E-04	1.01E-05	3.60	-9.62699E-05		-2.81E-06			2.81E-06		9.62699E-05
		4658	-2.98E-05	1.39E-03	1383	2.14E-04	-4.73E-04	3.60	-6.78255E-05		5.18E-04			0.0005175		6.78255E-05
		4660	2.51E-04	2.51E-04	1384	3.12E-02	-3.94E-03	3.60	-0.008583987		1.16E-03			0.001164167		0.0085839
		4662	0.00E+00	0.00E+00	1385	4.43E-04	2.71E-02	3.60	-0.000123007		-7.53E-03			0.007527778		0.0001230
		4664	-2.24E-05	1.39E-03	1386	-7.58E-04	2.47E-03	3.60	0.000204232		-3.00E-04			0.0003		0.0002042
		4666	1.03E-04	2.70E-05	1387	-1.14E-04	-1.54E-03	3.60	6.03138E-05		4.35E-04			0.000435278		6.03138E-05
		4668	0.00E+00	0.00E+00	1388	8.05E-05	-1.38E-04	3.60	-2.23589E-05		3.83E-05			3.83333E-05		2.23589E-05
		4670	-9.44E-05	1.34E-03	1389	5.24E-04	-4.82E-04	3.60	-0.000171743		5.06E-04			0.000506111		0.0001717
		4672	-3.33E-04	-8.66E-04	1390	3.03E-02	-3.03E-03	3.60	-0.008519824		6.01E-04			0.000601111		0.0085198
		384	-5.07E-04	2.48E-05	1391	9.50E-04	2.60E-02	3.60	-0.000404491		-7.22E-03			0.007215333		0.0004044
		4674	6.90E-06	-1.46E-04	1392	-7.89E-04	-8.90E-04	3.60	0.000221186		2.07E-04			0.000206667		0.0002211
		4676	-9.17E-05	1.33E-03	1393	-3.59E-04	-1.48E-03	3.60	7.43624E-05		7.81E-04			0.000780556		7.43624E-05
		359	-4.11E-04	2.52E-03	358	1.31E-03	4.44E-04	3.60	-0.000478632		5.77E-04			0.000576667		0.0004786
		121	3.25E-05	-1.35E-03	1731	-1.24E-05	-4.81E-06	3.60	1.24775E-05		-3.74E-04			0.000373664		1.24775E-05
		119	-1.07E-04	3.44E-03	360	-2.21E-04	-4.07E-04	3.60	3.17019E-05		1.07E-03			0.001068611		3.17019E-05

34	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	92	3.14E-04	1.23E-05	54	1.80E-04	-5.34E-04	3.60	3.70069E-05		1.52E-04		0.00015175		3.70069E-05
		4975	2.02E-03	-2.75E-05	1660	2.63E-02	-2.44E-03	3.60	-0.006744244		6.70E-04		0.000670139		0.0067442
		4976	2.01E-05	1.12E-03	1661	7.21E-04	1.94E-02	3.60	-0.000194847		-5.08E-03		0.005077778		0.0001948
		4977	-2.66E-04	-2.43E-04	1662	-4.03E-03	-8.54E-04	3.60	0.001045965		1.70E-04		0.000169722		0.0010459
		431	7.22E-04	6.80E-03	1663	-1.99E-04	-8.57E-04	3.60	0.000255727		2.13E-03		0.0002557		0.0002557
		4973	3.50E-05	-3.58E-04	1664	0.00E+00	0.00E+00	3.60	9.7355E-06		-9.94E-05		9.7355E-06		9.7355E-06
		4974	0.00E+00	0.00E+00	1665	-3.95E-06	-4.61E-04	3.60	1.09598E-06		1.28E-04		0.000128056		1.09598E-06
		91	7.62E-06	-4.52E-05	53	4.47E-04	-2.76E-04	3.60	-0.000121992		6.41E-05		6.41111E-05		0.0001219
		357	5.21E-05	-1.89E-04	356	2.26E-04	-2.02E-04	3.60	-4.83536E-05		3.61E-06		3.61111E-06		4.83536E-05
		369	-9.55E-05	-9.33E-05	366	-6.60E-04	-1.95E-03	3.60	0.000156686		5.16E-04		0.00051575		0.0001566
35	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	4784	-9.43E-05	1.28E-03	1439	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-2.61919E-05		3.56E-04		0.000355556		2.61919E-05
		4809	-4.38E-04	-5.58E-04	1464	-4.39E-05	-2.48E-04	3.60	-0.000109342		-8.61E-05		8.61111E-05		0.0001093
		4827	-5.28E-04	-7.13E-04	1482	-4.24E-05	-7.42E-05	3.60	-0.000134903		-1.77E-04		0.000177444		0.0001349
		4845	-4.64E-04	-6.38E-04	1500	-2.06E-05	-5.80E-05	3.60	-0.000123084		-1.61E-04		0.000161111		0.0001230
		4863	-2.98E-04	-4.25E-04	1518	4.78E-04	-6.72E-04	3.60	-0.000215786		6.86E-05		6.86111E-05		0.0002157
		4881	-2.00E-04	-3.02E-04	1536	3.42E-04	-4.66E-04	3.60	-0.000150487		4.56E-05		4.55556E-05		0.0001504
		368	2.87E-04	-4.61E-04	367	-5.36E-04	-9.24E-04	3.60	0.000228654		1.29E-04		0.0002286		0.0002286
		371	-2.20E-04	2.65E-03	370	1.92E-03	-5.14E-04	3.60	-0.000593819		8.79E-04		0.000878889		0.0005938
		365	-3.62E-04	2.87E-03	364	1.88E-03	-4.86E-04	3.60	-0.000622982		9.32E-04		0.000932222		0.0006229
		4990	-1.06E-04	-1.76E-04	1703	5.19E-04	7.38E-05	3.60	-0.00017361		-6.94E-05		6.93889E-05		0.0001736
36	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	4991	5.01E-04	-6.93E-05	1704	-9.83E-07	3.99E-06	3.60	0.000139541		-2.04E-05		2.03583E-05		0.0001395
		4992	0.00E+00	0.00E+00	1705	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0		0
		4993	2.26E-03	-7.21E-04	1706	5.15E-04	1.03E-04	3.60	0.000483325		-2.29E-04		0.000209987		0.0004833
		4994	-1.50E-04	1.22E-03	1707	-1.80E-07	4.46E-06	3.60	-4.16378E-05		3.38E-04		0.00033765		4.16378E-05
		108	4.28E-04	-4.87E-04	363	9.31E-05	-1.71E-04	3.60	9.31481E-05		-8.78E-05		8.77778E-05		9.31481E-05
		357	5.21E-05	-1.89E-04	356	2.26E-04	-2.02E-04	3.60	-4.83536E-05		3.61E-06		3.61111E-06		4.83536E-05
		107	-8.13E-05	-2.71E-05	33	-2.67E-03	-9.93E-04	3.60	0.00071953		2.68E-04		0.000268306		0.0007195
		4982	2.62E-05	1.13E-03	1695	4.38E-04	-5.24E-04	3.60	-0.000114393		4.59E-04		0.000459444		0.0001143
		4983	-2.91E-04	-2.35E-04	1696	3.03E-02	-3.25E-03	3.60	-0.008492535		8.38E-04		0.0008375		0.0084925
		4984	-9.74E-05	-1.17E-05	1697	2.53E-03	2.10E-02	3.60	-0.000730971		-5.84E-03		0.00583583		0.0007309
37	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	4985	3.11E-04	-1.40E-04	1698	-2.95E-03	1.53E-03	3.60	0.000905691		-4.64E-04		0.000463889		0.0009056
		4986	0.00E+00	0.00E+00	1699	-5.96E-04	-1.12E-03	3.60	0.000165579		3.11E-04		0.000311111		0.0001655
		4987	2.01E-03	6.81E-05	1700	-7.72E-06	-9.10E-04	3.60	0.000561361		2.72E-04		0.000271694		0.0005613
		373	-2.31E-04	-7.26E-04	372	-7.79E-04	-1.55E-03	3.60	0.000152332		2.29E-04		0.000228889		0.0001523
		124	1.66E-03	-4.80E-04	73	7.81E-05	-1.03E-03	3.60	0.000440807		1.53E-04		0.0004408		0.0004408
		5182	-3.74E-04	-2.15E-04	4767	-2.17E-04	-3.72E-04	3.60	-4.34229E-05		4.36E-05		4.36111E-05		4.34229E-05
		5215	1.81E-03	5.84E-04	4800	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000503685		1.62E-04		0.0005036		0.0005036
		5233	1.76E-03	6.02E-04	4818	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000488829		1.67E-04		0.000167222		0.0004888
		5251	1.61E-03	5.91E-04	4836	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000447323		1.64E-04		0.000164167		0.0004473
		5269	1.48E-03	5.30E-04	4854	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.00040977		1.47E-04		0.000147222		0.0004097
38	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	5287	2.10E-03	1.74E-04	4872	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000583254		4.83E-05		4.83333E-05		0.0005832
		1250	9.79E-04	4.83E-05	74	1.69E-04	-1.87E-04	3.60	0.000224785		6.54E-05		6.53611E-05		0.0002247
		148	2.25E-03	-7.38E-04	107	-8.13E-05	-2.71E-05	3.60	0.000647624		-1.97E-04		0.000197472		0.0006476
		148	2.25E-03	-7.38E-04	107	-8.13E-05	-2.71E-05	3.60	0.000647624		-1.97E-04		0.000197472		0.0006476
		126	-1.81E-05	-6.87E-04	75	1.21E-05	-6.06E-05	3.60	-8.38068E-06		-1.74E-04		0.000174		8.38E-06
		5027	1.58E-04	-6.38E-04	4677	-2.08E-04	2.06E-05	3.60	0.000101818		-1.83E-04		0.000182944		0.0001018
		5061	-2.76E-04	-9.45E-05	4711	2.13E-03	-4.37E-04	3.60	-0.000668057		9.51E-05		9.51389E-05		0.0006680
		5079	-3.95E-04	-1.56E-04	4729	2.08E-03	-2.79E-04	3.60	-0.000688242		3.42E-05		3.41667E-05		0.0006882
		5097	-4.57E-04	-1.35E-03	4747	2.05E-03	-1.26E-04	3.60	-0.00069509		-3.40E-04		0.00034		0.000695
		158	8.07E-04	-2.28E-04	97	6.56E-04	8.21E-04	3.60	4.19069E-05		-2.91E-04		0.000291389		4.19069E-05
40	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)}{h}$	158	8.07E-04	-2.28E-04	97	6.56E-04	8.21E-04	3.60	4.19069E-05		-2.91E-04		0.000291389		4.19069E-05
		127	-3.00E-04	-1.30E-03	76	2.91E-02	5.84E-04	3.60	-0.008155686		-5.23E-04		0.000523333		0.0081556
		123	3.02E-05	-8.52E-05	101	2.43E-05	1.23E-04	3.60	1.63411E-06		-5.78E-05		5.78333E-05		1.63411E-06
		128	3.86E-04	1.06E-05	77	-1.13E-04	2.86E-02	3.60	0.000138578		-7.94E-03		0.0009415		0.0001385
		5708	-1.30E-04	2.22E-03	3854	-2.29E-04	1.94E-03	3.60	2.76235E-05		7.78E-05		7.77778E-05		2.76235E-05
		5742	0.00E+00	0.00E+00	3888	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0		0
138	-1.07E-04	-4.19E-04	93	-5.26E-06	1.55E-04	3.60	-2.82765E-05		-1.59E-04		0.000159444		2.82765E-05		



41	$\delta=\delta(Dms)-\delta(Dms)$ h	138	-1.07E-04	-4.19E-04	93	-5.26E-06	1.55E-04	3.60	-2.82765E-05	0.00021178	-1.59E-04	0.000294864	0.000159444	2.82765E-	
		5776	5.39E-04	4.34E-04	3922	-3.00E-04	-1.05E-03	3.60	0.000233147		4.12E-04		0.000412222	0.0002331	
		5794	3.75E-05	-2.63E-04	3940	-1.85E-04	-6.45E-04	3.60	6.17561E-05		1.06E-04		0.000106111	6.17561E-	
		5812	-2.71E-04	-3.89E-04	3958	1.09E-04	-7.92E-05	3.60	-0.000105451		-8.61E-05		8.60556E-05	0.000105451	
		5830	-5.98E-04	-4.92E-04	3976	2.08E-03	4.11E-04	3.60	-0.000742754		-2.51E-04		0.000250833	0.0007427	
		5848	-5.48E-04	-2.27E-04	3994	7.15E-04	6.62E-04	3.60	-0.000350897		-2.47E-04		0.000246944	0.0003508	
		5866	-2.38E-05	2.41E-04	4012	5.41E-04	3.76E-04	3.60	-0.000156937		-3.75E-05		0.0000375	0.0001569	
		5884	4.06E-04	4.36E-04	4030	-4.14E-04	-1.09E-03	3.60	0.000227762		4.24E-04		0.000423889	0.0002277	
		5902	-2.09E-05	-2.80E-04	4048	-2.56E-04	-6.83E-04	3.60	6.5263E-05		1.12E-04		0.000111944	6.5263E-	
		5920	-4.14E-04	-5.29E-04	4066	7.66E-05	-9.91E-05	3.60	-0.000136374		-1.19E-04		0.000113633	0.0001363	
		5938	-6.46E-04	-5.61E-04	4084	4.50E-04	4.12E-04	3.60	-0.000304298		-2.70E-04		0.000270278	0.0003042	
		5956	-5.26E-04	-2.41E-04	4102	7.15E-04	6.82E-04	3.60	-0.000344602		-2.56E-04		0.000256389	0.0003446	
		5974	-2.76E-05	2.42E-04	4120	5.31E-04	4.06E-04	3.60	-0.00015517		-4.56E-05		0.0001551	4.55556E-05	
		5992	3.12E-04	4.36E-04	4138	-4.97E-04	-1.11E-03	3.60	0.00022455		4.29E-04		0.000429444	0.0002245	
		6010	-6.46E-05	-2.93E-04	4156	-3.15E-04	-6.99E-04	3.60	6.95392E-05		1.13E-04		0.000112778	6.95392E-	
		6028	-5.34E-04	-6.39E-04	4174	3.94E-05	-1.14E-04	3.60	-0.000159202		-1.46E-04		0.000145833	0.0001592	
		6046	-6.76E-04	-6.07E-04	4192	4.23E-04	4.00E-04	3.60	-0.000305177		-2.80E-04		0.000279722	0.0003051	
		6064	-4.90E-04	-2.45E-04	4210	6.86E-04	6.79E-04	3.60	-0.000326752		-2.57E-04		0.000256667	0.0003267	
		129	-1.02E-04	-1.95E-04	78	-8.77E-06	-6.86E-03	3.60	-2.59218E-05		1.85E-03		0.001851389	2.59218E-	
		42		168	6.41E-06	-5.44E-04	106	-1.02E-04	-1.55E-03		3.60		3.01393E-05	0.00028780	2.79E-04
17837	5.08E-04			1.02E-05	17802	4.06E-05	-1.53E-06	3.60	0.000129931	3.26E-06	3.25833E-06	0.0001299	3.26E-		
17965	1.16E-02			3.15E-04	17947	9.36E-03	3.04E-04	3.60	0.000608497	3.06E-06	3.05556E-06	0.0006084	3.06E-		
18058	0.00E+00			0.00E+00	18040	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00E+00	0	0.00E+			
18151	2.41E-02			8.92E-05	18133	2.29E-02	-6.81E-05	3.60	0.000310594	4.37E-05	4.36944E-05	0.0003105	4.37E-		
148	2.25E-03			-7.38E-04	107	-8.13E-05	-2.71E-05	3.60	0.000647624	-1.97E-04	0.0006476	0.000197472	-1.97E-		
43		169	-1.51E-05	-1.17E-03	118	2.04E-03	-4.20E-04	3.60	-0.000569556	0.00029331	-2.08E-04	0.000114676	0.000208333	-2.08E-	
		21017	2.83E-03	1.42E-04	20982	9.43E-05	-2.11E-04	3.60	0.000597776		9.81E-05		9.80556E-05	0.0005977	9.81E-
		21145	2.36E-02	9.84E-04	21127	2.22E-02	6.59E-04	3.60	0.000388592		9.03E-05		9.02778E-05	0.0003885	9.03E-
		21238	0.00E+00	0.00E+00	21220	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0	0.00E+	
		21331	0.00E+00	0.00E+00	21313	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0	0.00E+	
		158	8.07E-04	-2.28E-04	97	6.56E-04	8.21E-04	3.60	4.19069E-05		-2.91E-04		0.000291389	4.19069E-	
44		129	-1.02E-04	-1.95E-04	78	-8.77E-06	-6.86E-03	3.60	-2.59218E-05	0.00022895	1.85E-03	0.000334596	0.001851389	2.59218E-	
		6082	-1.40E-05	2.43E-04	4228	5.02E-04	4.16E-04	3.60	-0.000143448		-4.81E-05		4.80556E-05	0.0001434	-4.81E-
		6083	2.96E-04	5.50E-04	4229	-1.05E-04	5.45E-05	3.60	0.000111239		1.38E-04		0.000137639	0.0001112	1.38E-
		6084	0.00E+00	0.00E+00	4230	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0	0.00E+	
		6085	1.84E-03	6.50E-04	4231	2.01E-03	6.92E-05	3.60	-4.56011E-05		1.61E-04		0.000161333	4.56011E-	
		6086	2.37E-06	2.07E-03	4232	-8.37E-05	1.71E-03	3.60	2.39025E-05		1.00E-04		0.0001	2.39025E-	
		6087	-2.70E-03	-2.19E-03	4233	-3.89E-04	-4.13E-04	3.60	-0.000442221		-4.94E-04		0.000442221	-0.0004422	-4.94E-
		6088	1.33E-04	3.65E-04	4234	2.35E-04	1.06E-04	3.60	-2.84137E-05		7.19E-05		7.19444E-05	2.84137E-	
		6089	2.76E-04	5.47E-04	4235	-7.41E-05	5.21E-05	3.60	9.72828E-05		1.37E-04		0.000137472	9.72828E-	
		6090	0.00E+00	0.00E+00	4236	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0	0.00E+	
		6091	1.82E-03	6.84E-04	4237	2.31E-03	-7.79E-04	3.60	-0.00013558		4.06E-04		0.000406389	-0.000135	4.06E-
		6092	5.49E-06	2.07E-03	4238	-1.53E-04	1.62E-03	3.60	4.3992E-05		1.25E-04		0.000125	4.3992E-	
		6093	-2.62E-03	-2.02E-03	4239	-1.11E-03	1.22E-05	3.60	-0.000419124		-5.65E-04		0.0005645	-0.0004191	-5.65E-
		6094	2.43E-04	4.40E-04	4240	-5.03E-04	-1.12E-03	3.60	0.00020696		4.33E-04		0.000433333	0.0002069	4.33E-
		6095	2.62E-04	5.39E-04	4241	-8.28E-04	-1.61E-04	3.60	0.000302936		1.94E-04		0.000194444	0.0003029	1.94E-
		6096	0.00E+00	0.00E+00	4242	5.12E-05	-1.82E-04	3.60	-1.42342E-05		5.06E-05		5.05556E-05	-1.42342E-	5.06E-
		6097	1.80E-03	7.20E-04	4243	2.25E-03	-7.19E-04	3.60	-0.000123847		4.00E-04		0.000399722	0.0001238	4.00E-
		130	1.59E-03	-4.72E-04	79	-3.42E-04	-1.33E-03	3.60	0.000535442		2.38E-04		0.000238333	0.0005354	2.38E-
		142	1.56E-03	-5.23E-04	87	-3.66E-03	-3.92E-03	3.60	0.001449822		9.44E-04		0.000943611	0.0014498	9.44E-

45	$\frac{\delta=\delta(Dns)-\delta(Dns)}{h}$	142	1.56E-03	-5.23E-04	87	-3.66E-03	-3.92E-03	3.60	0.001449822	0.00037555	9.44E-04	0.000344094	0.000943611	0.0014498
		131	-2.11E-04	3.02E-03	80	1.13E-03	9.89E-05	3.60	-0.000371208		8.11E-04		0.000811417	0.0003712
		5692	5.46E-04	-4.19E-05	4616	-8.91E-05	1.39E-03	3.60	0.000176374		-3.98E-04		0.00039775	0.0001763
		5693	5.74E-04	1.93E-04	4617	-1.14E-03	-1.43E-03	3.60	0.000476293		4.51E-04		0.000450833	0.0004762
		5694	8.72E-05	-1.47E-04	4618	1.13E-04	1.26E-04	3.60	-7.15211E-06		-7.58E-05		7.58333E-05	7.15E-
		5695	2.06E-03	1.71E-04	4619	-8.03E-04	-7.69E-04	3.60	0.000794632		2.61E-04		0.000261111	0.0007946
		5696	-1.54E-04	2.22E-03	4620	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-4.27415E-05		6.17E-04		0.000616667	4.27415E-
		5697	-5.24E-04	-5.27E-04	4621	2.08E-03	-2.78E-04	3.60	-0.000723801		-6.92E-05		6.91667E-05	0.0007238
		5698	6.33E-05	-2.06E-04	4622	-8.16E-05	1.39E-03	3.60	4.02453E-05		-4.43E-04		0.000443333	4.02453E-
		5699	-1.79E-04	-3.80E-04	4623	-1.08E-03	-1.35E-03	3.60	0.000249046		2.69E-04		0.000269444	0.0002490
		5700	-8.90E-06	-1.22E-04	4624	1.97E-04	2.27E-04	3.60	-5.71487E-05		-9.69E-05		9.69444E-05	5.71487E-
		5701	2.05E-03	2.18E-04	4625	-7.46E-04	-7.16E-04	3.60	0.00077685		2.59E-04		0.000259444	0.000776
		5702	-1.42E-04	2.22E-03	4626	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-3.93108E-05		6.17E-04		0.000616667	3.93108E-
		5703	-5.17E-04	-6.13E-04	4627	2.07E-03	-2.27E-04	3.60	-0.00018446		-1.07E-04		0.000107222	0.0001844
		5704	-3.02E-05	-2.05E-04	4628	-7.34E-05	1.39E-03	3.60	1.20217E-05		-4.43E-04		0.000443056	1.20217E-
		5705	-3.38E-05	-2.58E-04	4629	-9.77E-04	-1.24E-03	3.60	0.000261913		2.73E-04		0.000272778	0.0002619
		5706	9.62E-06	-1.13E-04	4630	2.71E-04	3.13E-04	3.60	-7.25259E-05		-1.18E-04		0.000118333	7.25259E-
		5707	2.04E-03	2.64E-04	4631	-6.71E-04	-6.41E-04	3.60	0.000753175		2.51E-04		0.000251389	0.0007531
		132	-2.23E-04	-5.99E-04	81	1.83E-04	-4.81E-04	3.60	-0.000112659		-3.28E-05		3.27778E-05	0.0001126
46		141	2.59E-04	-3.46E-04	96	3.17E-03	-1.11E-03	3.60	-0.000807735	0.00082908	2.12E-04	0.000118645	0.000807735	0.0008077
		5403	-4.50E-04	-9.86E-04	4327	2.03E-03	-2.72E-05	3.60	-0.00068847		-2.66E-04		0.000266333	0.000688
		5421	-6.76E-04	-6.76E-04	4345	2.32E-03	-7.81E-04	3.60	-0.000831083		2.92E-05		2.91667E-05	0.0008310
		5439	-1.23E-03	-8.03E-04	4363	2.19E-03	-6.22E-04	3.60	-0.000950401		-5.03E-05		5.02778E-05	0.0009504
		5457	-1.33E-03	-6.69E-04	4381	2.13E-03	-4.74E-04	3.60	-0.000958747		-5.42E-05		5.41667E-05	0.0009587
		5475	-8.45E-04	-4.98E-04	4399	2.09E-03	-3.24E-04	3.60	-0.00081502		-4.83E-05		4.83333E-05	0.000815
		5493	-5.66E-04	-9.90E-04	4417	2.06E-03	-1.74E-04	3.60	-0.000729019		-2.27E-04		0.000226667	0.0007290
		5511	-5.18E-04	-7.90E-04	4435	2.03E-03	-2.80E-05	3.60	-0.000706668		-2.12E-04		0.000211667	0.0007066
		5529	-1.02E-03	-9.11E-04	4453	2.32E-03	-7.79E-04	3.60	-0.000927343		-3.66E-05		3.66667E-05	0.0009273
		5547	-1.53E-03	-9.94E-04	4471	2.20E-03	-6.29E-04	3.60	-0.001036149		-1.01E-04		0.000101389	0.0010361
		5565	-1.40E-03	-7.16E-04	4489	2.13E-03	-4.80E-04	3.60	-0.000983027		-6.56E-05		6.55556E-05	0.0009830
		5583	-7.66E-04	-5.73E-04	4507	2.09E-03	-3.27E-04	3.60	-0.000793836		-6.83E-05		6.83333E-05	0.0007938
		5601	-5.52E-04	-7.81E-04	4525	2.06E-03	-1.75E-04	3.60	-0.00072486		-1.68E-04		0.000168333	0.0007248
		5619	-6.04E-04	-8.34E-04	4543	2.02E-03	-2.85E-05	3.60	-0.000729954		-2.24E-04		0.00022975	0.0007299
		5637	-1.22E-03	-1.14E-03	4561	2.31E-03	-7.75E-04	3.60	-0.000978756		-1.01E-04		0.000101389	0.0009787
		5655	-1.77E-03	-1.25E-03	4579	2.21E-03	-6.36E-04	3.60	-0.001104984		-1.71E-04		0.000170556	0.0011049
		5673	-1.65E-03	-9.25E-04	4597	2.14E-03	-4.85E-04	3.60	-0.001051981		-1.22E-04		0.000122222	0.0010519
		5691	-8.64E-04	-5.61E-04	4615	2.09E-03	-3.29E-04	3.60	-0.000821839		-6.44E-05		6.44444E-05	0.0008218
		132	-2.23E-04	-5.99E-04	81	1.83E-04	-4.81E-04	3.60	-0.000112659		-3.28E-05		3.27778E-05	0.0001126



47	$\delta=\delta(Dms)-\delta(Dmi)$ h	137	-1.95E-04	2.68E-03	86	1.24E-03	2.47E-02	3.60	-0.000399883	0.00063817	-6.12E-03	0.000523		0.006116667		0.0003998
		12448	1.12E-02	-3.60E-04	12413	1.82E-05	3.13E-03	3.60	0.003108228		-9.69E-04			0.000969444		0.0031082
		15495	-1.38E-05	-2.40E-04	15477	5.45E-05	-1.39E-04	3.60	-1.89687E-05		-2.81E-05			2.80556E-05		1.89687E-
		15582	-3.18E-03	-7.54E-04	15564	-3.00E-03	-6.95E-04	3.60	-4.8839E-05		-1.64E-05			1.63889E-05		4.8839E-
		15668	9.87E-04	1.24E-04	15650	1.98E-03	5.09E-04	3.60	-0.000277234		-1.07E-04			0.000106944		0.0002772
		15756	-4.07E-03	-1.07E-03	15738	-4.02E-03	-1.04E-03	3.60	-1.18061E-05		-8.33E-06			8.33E-06		1.18061E-
		15844	0.00E+00	0.00E+00	15826	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00			0		
		136	1.53E-03	-5.01E-04	85	2.76E-02	4.43E-03	3.60	-0.007249847		-1.37E-03			0.001369722		0.0072498
		17138	1.89E-03	1.51E-02	17120	1.78E-03	1.42E-02	3.60	3.00701E-05		2.50E-04			0.00025		3.00701E-
		135	-2.37E-05	-6.33E-06	84	1.60E-05	-1.75E-06	3.60	-1.10248E-05		-1.27E-06			1.27E-06		1.10248E-
		16066	0.00E+00	0.00E+00	16031	3.32E-03	3.85E-04	3.60	-0.000922884		-1.07E-04			0.000106944		0.0009228
		16186	0.00E+00	0.00E+00	16168	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00			0		
		16274	2.59E-03	2.06E-02	16256	2.51E-03	2.00E-02	3.60	2.17153E-05		1.67E-04			0.000166667		2.17153E-
		16362	-2.49E-04	-9.36E-05	16344	-2.04E-04	-7.76E-05	3.60	-1.25044E-05		-4.44E-06			4.44E-06		1.25044E-
		163	5.72E-05	-1.22E-03	120	9.81E-04	2.75E-04	3.60	-0.000256721		-4.15E-04			0.000415278		0.0002567
		134	1.22E-04	-3.63E-04	83	2.05E-04	9.48E-05	3.60	-2.32061E-05		-1.27E-04			0.000127167		2.32061E-
		167	-2.97E-04	2.81E-03	102	-2.24E-05	3.26E-05	3.60	-7.62178E-05		7.72E-04			0.0007715		7.62178E-
		133	-1.38E-04	-1.37E-03	82	-7.28E-05	-7.83E-04	3.60	-1.80607E-05		-1.63E-04			0.000163056		1.80607E-
		5352	0.00E+00	0.00E+00	4276	-1.25E-04	-3.11E-04	3.60	3.46224E-05		8.64E-05			8.63889E-05		3.46224E-
		5370	0.00E+00	0.00E+00	4294	2.59E-04	2.25E-04	3.60	-7.19474E-05		-6.25E-05			0.0000625		7.19474E-
		141	2.59E-04	-3.46E-04	96	3.17E-03	-1.11E-03	3.60	-0.000807735		2.12E-04			0.000212222		0.0008077
48		124	1.66E-03	-4.80E-04	73	7.81E-05	-1.03E-03	3.60	0.000440807	0.00040568	1.53E-04	0.000305376		0.000152778		0.0004408
		5184	0.00E+00	0.00E+00	4769	-8.51E-05	-1.68E-04	3.60	2.36401E-05		4.67E-05			4.66667E-05		2.36401E-
		5186	-2.70E-04	2.62E-03	4771	2.00E-03	6.50E-05	3.60	-0.000630786		7.10E-04			0.000709722		0.0006307
		5188	-2.73E-04	-3.26E-04	4773	-1.69E-04	-3.40E-04	3.60	-2.89425E-05		3.89E-06			3.88889E-06		2.89425E-
		5190	0.00E+00	0.00E+00	4775	-1.43E-05	-9.17E-05	3.60	3.96664E-06		2.55E-05			2.54722E-05		3.96664E-
		5192	-2.42E-04	2.56E-03	4777	2.26E-03	-7.56E-04	3.60	-0.000695606		9.21E-04			0.000921111		0.0006956
		5194	-2.86E-04	-1.68E-04	4779	-4.03E-05	4.68E-04	3.60	-6.82471E-05		-1.77E-04			0.000176667		6.82471E-
		5196	0.00E+00	0.00E+00	4781	1.76E-04	-2.38E-04	3.60	-4.8813E-05		6.61E-05			6.61111E-05		4.8813E-
		5198	-2.79E-04	2.61E-03	4783	2.26E-03	-7.31E-04	3.60	-0.000704063		9.28E-04			0.000928056		0.0007040
		402	-5.56E-04	-1.07E-03	369	-9.55E-05	-9.33E-05	3.60	-0.000127992		-2.71E-04			0.000271306		0.0001279
		5201	2.24E-04	3.26E-04	4786	-2.11E-04	-6.59E-04	3.60	0.000120691		2.74E-04			0.000273611		0.0001206
		5203	1.86E-03	5.58E-04	4788	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000515547		1.55E-04			0.000155		0.0005155
		5205	-1.11E-03	-5.68E-04	4790	-9.56E-05	1.28E-03	3.60	-0.000281551		-5.13E-04			0.000513333		0.0002815
		5207	2.33E-04	2.13E-04	4792	-1.95E-04	-5.35E-04	3.60	0.000118882		2.08E-04			0.000207778		0.0001188
		5209	1.85E-03	5.53E-04	4794	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000514067		1.54E-04			0.000153611		0.0005140
		5211	-9.99E-04	-4.80E-04	4796	-9.46E-05	1.27E-03	3.60	-0.000251309		-4.86E-04			0.000486111		0.0002513
		5213	3.01E-04	2.14E-04	4798	-1.87E-04	-4.24E-04	3.60	0.000135469		1.77E-04			0.000177222		0.0001354
		454	1.08E-02	1.29E-03	117	4.35E-04	-4.68E-04	3.60	0.002884443		4.88E-04			0.000488333		0.0028844
		147	-9.36E-05	-1.51E-04	92	3.14E-04	1.23E-05	3.60	-0.000113128		-4.54E-05			4.53611E-05		0.0001131
49		147	-9.36E-05	-1.51E-04	92	3.14E-04	1.23E-05	3.60	-0.000113128	0.00028139	-4.54E-05	0.000398815		4.53611E-05		0.0001131
		6287	-3.46E-05	2.22E-04	4975	2.02E-03	-2.75E-05	3.60	-0.000571068		6.93E-05			6.93056E-05		0.0005710
		6288	0.00E+00	0.00E+00	4976	2.01E-05	1.12E-03	3.60	-5.56939E-06		-3.11E-04			0.000311111		5.57E-
		6289	1.90E-03	5.97E-04	4977	-2.66E-04	-2.43E-04	3.60	0.000601567		2.33E-04			0.000233333		0.0006015
		452	3.61E-04	-3.57E-04	431	7.22E-04	6.80E-03	3.60	-0.000100234		-1.99E-03			0.001988056		0.0001002
		6265	1.96E-03	4.36E-04	4973	3.50E-05	-3.58E-04	3.60	0.000535067		2.21E-04			0.000220556		0.0005350
		6266	-1.95E-05	1.90E-03	4974	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-5.4117E-06		5.28E-04			0.000527778		5.41E-
		146	1.59E-04	-2.04E-04	91	7.62E-06	-4.52E-05	3.60	4.19912E-05		-4.41E-05			4.41111E-05		4.19912E-
		382	2.06E-03	3.50E-04	357	5.21E-05	-1.89E-04	3.60	0.000558429		1.50E-04			0.000149722		0.0005584



54	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dni)$ h	170	8.22E-04	-1.33E-04	124	1.66E-03	-4.80E-04	3.60	-0.000234288	0.00039705	9.64E-05	0.000261351		9.63889E-05		0.0002342	
		6290	1.28E-05	1.92E-03	5182	-2.42E-04	-2.15E-04	3.60	7.08295E-05		5.93E-04		0.000593056		7.08295E-05		
		6323	-3.78E-04	2.06E-04	5215	-1.81E-03	5.84E-04	3.60	-0.000608818		-1.05E-04		0.000105		0.0006088		
		6341	-1.76E-05	8.74E-05	5233	1.76E-03	6.02E-04	3.60	-0.000493725		-1.43E-04		0.000142944		0.0004937		
		6359	-8.32E-06	1.06E-04	5251	1.61E-03	5.91E-04	3.60	-0.000449633		-1.35E-04		0.000134722		0.0004496		
		6377	-9.01E-05	6.56E-05	5269	1.48E-03	5.30E-04	3.60	-0.000434794		-1.29E-04		0.000129		0.0004347		
		6395	-2.48E-04	1.73E-05	5287	2.10E-03	1.74E-04	3.60	-0.000652169		-4.35E-05		4.35278E-05		0.0006521		
		171	1.14E-04	-2.05E-04	125	-1.78E-04	3.05E-03	3.60	8.12636E-05		-9.04E-04		0.000904167		8.12636E-05		
		195	2.78E-04	-5.94E-06	148	2.25E-03	-7.38E-04	3.60	-0.000547906		2.03E-04		0.00020335		0.0005479		
		195	2.78E-04	-5.94E-06	148	2.25E-03	-7.38E-04	3.60	-0.000547906		2.03E-04		0.00020335		0.0005479		
55		172	3.33E-04	-3.42E-04	126	-1.81E-05	-6.87E-04	3.60	9.7586E-05	0.00017892	9.58E-05	0.000321213		9.58333E-05		9.7586E-05	
		6448	-4.28E-04	-5.85E-04	5027	1.58E-04	-6.38E-04	3.60	-0.00016281		1.47E-05		1.47222E-05		0.000162		
		6482	4.47E-06	1.75E-03	5061	-2.76E-04	-9.45E-05	3.60	7.78892E-05		5.12E-04		0.000512361		7.78892E-05		
		6500	2.73E-05	1.76E-03	5079	-3.95E-04	-1.56E-04	3.60	0.000117287		5.32E-04		0.000532222		0.0001172		
		6518	3.69E-05	1.77E-03	5097	-4.57E-04	-1.35E-03	3.60	0.000137231		8.67E-04		0.000866667		0.0001372		
		205	4.05E-04	-3.12E-04	158	8.07E-04	-2.28E-04	3.60	-0.00011752		-2.33E-05		2.33333E-05		0.0001175		
		205	4.05E-04	-3.12E-04	158	8.07E-04	-2.28E-04	3.60	-0.00011752		-2.33E-05		2.33333E-05		0.0001175		
		173	-2.50E-04	2.81E-03	127	-3.00E-04	-1.30E-03	3.60	1.39145E-05		1.14E-03		0.001141667		1.39145E-05		
		209	-1.54E-04	3.17E-03	123	3.02E-05	-8.52E-05	3.60	-5.11256E-05		9.04E-04		0.000904222		5.11256E-05		
		174	-9.99E-05	1.35E-03	128	3.86E-04	1.06E-05	3.60	-0.000134862		3.72E-04		0.000372056		0.0001348		
56		6551	-9.40E-05	9.63E-06	5708	-1.30E-04	2.22E-03	3.60	1.00033E-05	0.00019354	-6.14E-04	0.000571705		0.000613992		1.00033E-05	
		6585	-1.70E-03	-2.08E-03	5742	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.000472807		-5.78E-04		0.00057778		0.0004728		
		190	1.91E-03	9.09E-04	138	-1.07E-04	-4.19E-04	3.60	0.00056035		3.69E-04		0.00056889		0.0005603		
		6619	1.91E-03	6.65E-04	5776	5.39E-04	4.34E-04	3.60	0.000381639		6.42E-05		6.41667E-05		0.0003816		
		6637	1.91E-03	7.98E-04	5794	3.75E-05	-2.63E-04	3.60	0.000519163		2.95E-04		0.000294722		0.0005191		
		6655	1.99E-03	1.14E-04	5812	-2.71E-04	-3.89E-04	3.60	0.000628215		1.40E-04		0.000139722		0.0006282		
		6673	1.98E-03	2.55E-04	5830	-5.98E-04	-4.92E-04	3.60	0.000717428		2.08E-04		0.0002075		0.0007174		
		6691	1.97E-03	3.97E-04	5848	-5.48E-04	-2.27E-04	3.60	0.000698705		1.73E-04		0.000173333		0.0006987		
		6709	1.94E-03	5.38E-04	5866	-2.38E-05	2.41E-04	3.60	0.000546705		8.25E-05		0.0000825		0.0005467		
		6727	1.92E-03	6.75E-04	5884	4.06E-04	4.36E-04	3.60	0.000421209		6.64E-05		6.63889E-05		0.0004212		
57		6745	1.92E-03	8.09E-04	5902	-2.09E-05	-2.80E-04	3.60	0.0005383	0.00056074	3.03E-04	0.000184877		0.0003025		0.0005383	
		6763	1.99E-03	1.13E-04	5920	-4.14E-04	-5.29E-04	3.60	0.000667809		1.78E-04		0.000178333		0.0006678		
		6781	1.98E-03	2.54E-04	5956	-5.26E-04	-2.41E-04	3.60	0.000696538		1.38E-04		0.0001375		0.0006965		
		6799	1.97E-03	3.98E-04	5974	-2.76E-05	2.42E-04	3.60	0.000533883		4.33E-05		4.33333E-05		0.0005338		
		6835	1.93E-03	6.84E-04	5992	3.12E-04	4.36E-04	3.60	0.00049768		6.89E-05		6.88889E-05		0.0004976		
		6853	1.92E-03	8.19E-04	6010	-6.46E-05	-2.93E-04	3.60	0.000552653		3.09E-04		0.000308889		0.0005526		
		6871	1.99E-03	1.12E-04	6028	-5.34E-04	-6.39E-04	3.60	0.000701079		2.09E-04		0.000208611		0.0007010		
		6889	1.98E-03	2.52E-04	6046	-6.76E-04	-6.07E-04	3.60	0.000737587		2.39E-04		0.000238611		0.0007375		
		6907	1.97E-03	3.98E-04	6064	-4.90E-04	-2.45E-04	3.60	0.000682192		1.79E-04		0.000178611		0.0006821		
		175	4.21E-05	-1.15E-03	129	-1.02E-04	-1.95E-04	3.60	4.00643E-05		-2.65E-04		0.000265278		4.00643E-05		
58		194	1.52E-03	2.74E-04	168	6.41E-06	-5.44E-04	3.60	0.000419583	0.00029597	2.27E-04	8.5512E-05		0.000227222		0.0004195	
		17872	0.00E+00	0.00E+00	17837	5.08E-04	1.02E-05	3.60	-0.000141219		-2.83E-06		2.83E-06		0.0001412		
		17983	1.30E-02	1.50E-04	17965	1.16E-02	3.15E-04	3.60	0.000400708		-4.58E-05		4.58333E-05		0.0004007		
		18076	0.00E+00	0.00E+00	18058	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0		0		
		18169	2.50E-02	2.11E-04	18151	2.41E-02	8.92E-05	3.60	0.000266425		3.38E-05		3.38333E-05		0.0002664		
		195	2.78E-04	-5.94E-06	148	2.25E-03	-7.38E-04	3.60	-0.000547906		2.03E-04		0.00020335		0.0005479		
		217	9.88E-05	-9.14E-04	169	-1.51E-05	-1.17E-03	3.60	3.16321E-05		7.11111E-05		7.11111E-05		3.16321E-05		
		21052	0.00E+00	0.00E+00	21017	2.83E-03	1.42E-04	3.60	-0.000785957		-3.94E-05		3.94444E-05		0.0007859		
		21163	2.47E-02	1.26E-03	21145	2.36E-02	9.84E-04	3.60	0.00029574		7.67E-05		7.66667E-05		0.0002957		
		21256	0.00E+00	0.00E+00	21238	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0		0		
59		21349	0.00E+00	0.00E+00	21331	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00020418	0.00E+00	3.50926E-05		0		0.00E+00	
		205	4.05E-04	-3.12E-04	158	8.07E-04	-2.28E-04	3.60	-0.00011752		-2.33E-05		2.33333E-05		0.0001175		0.0001175
		175	4.21E-05	-1.15E-03	129	-1.02E-04	-1.95E-04	3.60	4.00643E-05		-2.65E-04		0.000265278		4.00643E-05		0.000265278
		6925	1.95E-03	5.45E-04	6082	-1.40E-05	2.43E-04	3.60	0.000545651		8.39E-05		0.000545651		0.0005456		0.0005456
		6926	6.90E-05	1.45E-03	6083	2.96E-04	5.50E-04	3.60	-6.29433E-05		2.50E-04		-6.29433E-05		0.00025		6.29433E-05
		6927	-1.26E-03	-1.71E-03	6084	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.000350599		-4.75E-04		0.000475		0.0003505		0.0003505
		6928	-8.46E-05	-1.12E-04	6085	1.84E-03	6.50E-04	3.60	-0.000534849		-2.12E-04		0.00021667		0.0005348		0.0005348
		6929	-8.54E-04	-9.03E-04	6086	2.37E-06	2.07E-03	3.60	-0.000237782		-8.26E-04		0.000825833		0.0002377		0.0002377
		6930	0.00E+00	0.00E+00	6087	-2.70E-03	-2.19E-03	3.60	0.000750311		6.08E-04		0.000608333		0.0007503		0.0007503
		6931	1.95E-03	5.95E-04	6088	1.33E-04	3.65E-04	3.60	0.000503535		6.39E-05		6.38889E-05		0.0005035		0.0005035

60	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dms)$	175	4.21E-05	-1.15E-03	129	-1.02E-04	-1.95E-04	3.60	4.00643E-05	-2.65E-04	0.000265278	4.00643E-
		6925	1.95E-03	5.45E-04	6082	-1.40E-05	2.43E-04	3.60	0.000545651	8.39E-05	8.38889E-05	0.0005456
		6926	6.90E-05	1.45E-03	6083	2.96E-04	5.50E-04	3.60	-6.29433E-05	2.50E-04	0.00025	6.29433E-
		6927	-1.26E-03	-1.71E-03	6084	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.000350599	-4.75E-04	0.000475	0.0003505
		6928	-8.46E-05	-1.12E-04	6085	1.84E-03	6.50E-04	3.60	-0.000534849	-2.12E-04	0.000211667	0.0005348
		6929	-8.54E-04	-9.03E-04	6086	2.37E-06	2.07E-03	3.60	-0.000237782	-8.26E-04	0.000825833	0.0002377
		6930	0.00E+00	0.00E+00	6087	-2.70E-03	-2.19E-03	3.60	0.000790311	6.08E-04	0.000408333	0.0007903
		6931	1.95E-03	5.95E-04	6088	1.33E-04	3.65E-04	3.60	0.000503535	6.39E-05	6.38889E-05	0.0005035
		6932	7.67E-05	1.46E-03	6089	2.76E-04	5.47E-04	3.60	-5.53977E-05	2.54E-04	0.000253611	5.53977E-
		6933	-1.28E-03	-1.74E-03	6090	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.000355204	-4.83E-04	0.000483333	0.0003552
		6934	5.77E-06	-4.11E-05	6091	1.82E-03	6.84E-04	3.60	-0.000504056	-2.01E-04	0.000201417	0.0005040
		6935	-8.81E-04	-9.15E-04	6092	5.49E-06	2.07E-03	3.60	-0.000246294	-8.29E-04	0.000829167	0.0002462
		6936	0.00E+00	0.00E+00	6093	-2.62E-03	-2.02E-03	3.60	0.000728032	5.61E-04	0.000561111	0.0007280
		6937	1.94E-03	6.44E-04	6094	2.43E-04	4.40E-04	3.60	0.000471998	5.67E-05	5.66667E-05	0.0004719
		6938	8.29E-05	1.47E-03	6095	2.62E-04	5.39E-04	3.60	-4.98189E-05	2.59E-04	0.000258611	4.98189E-
		6939	-1.26E-03	-1.75E-03	6096	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.000349179	-4.86E-04	0.000486111	0.0003491
		6940	9.68E-05	2.01E-05	6097	1.80E-03	7.20E-04	3.60	-0.000474345	-1.94E-04	0.000194417	0.0004743
		176	1.04E-03	-5.02E-04	130	1.59E-03	-4.72E-04	3.60	-0.000152409	-8.33E-06	8.33E-06	0.0001524
		184	2.01E-03	1.12E-04	142	1.56E-03	-5.23E-04	3.60	0.000125517	1.76E-04	0.000176389	0.0001255
		61	184	2.01E-03	1.12E-04	142	1.56E-03	-5.23E-04	3.60	0.000125517	1.76E-04	0.000176389
177	-7.66E-04		4.19E-05	131	-2.11E-04	3.02E-03	3.60	-0.000154315	-8.27E-04	0.00082725	0.0001543	
7313	4.54E-04		-2.27E-04	5692	5.46E-04	-4.19E-05	3.60	-2.55545E-05	-5.14E-05	5.14167E-05	2.55545E-	
7314	1.29E-05		-1.15E-04	5693	5.74E-04	1.93E-04	3.60	-0.00015588	-8.56E-05	8.55556E-05	0.000155	
7315	1.97E-03		2.46E-04	5694	8.72E-05	-1.47E-04	3.60	0.00052371	1.09E-04	0.000109167	0.0005237	
7316	3.95E-05		1.03E-03	5695	2.06E-03	1.71E-04	3.60	-0.000506099	2.39E-04	0.000238611	0.0005060	
7317	-3.48E-04		-2.14E-04	5696	-1.54E-04	2.22E-03	3.60	-5.3835E-05	-6.76E-04	0.000676111	5.3835E-	
7318	1.05E-04		2.75E-05	5697	-5.24E-04	-5.27E-04	3.60	0.000174804	1.54E-04	0.000154028	0.0001748	
7319	3.23E-04		-2.95E-04	5698	6.33E-05	-2.06E-04	3.60	7.20105E-05	-2.47E-05	2.47222E-05	7.20105E-	
7320	1.08E-05		-1.15E-04	5699	-1.79E-04	-3.80E-04	3.60	5.26474E-05	7.36E-05	7.36111E-05	5.26474E-	
7321	1.97E-03		2.94E-04	5700	-8.90E-06	-1.22E-04	3.60	0.000549139	1.16E-04	0.000115556	0.0005491	
7322	5.06E-05		1.04E-03	5701	2.05E-03	2.18E-04	3.60	-0.000555635	2.28E-04	0.000228333	0.0005556	
7323	-3.10E-04		-2.06E-04	5702	-1.42E-04	2.22E-03	3.60	-4.68553E-05	-6.74E-04	0.000673889	4.68553E-	
7324	7.43E-05		1.17E-05	5703	-5.17E-04	-6.13E-04	3.60	0.000146257	1.74E-04	0.000173528	0.0001462	
7325	2.13E-04		-3.62E-04	5704	-3.02E-05	-2.05E-04	3.60	6.75626E-05	-4.36E-05	4.36111E-05	6.75626E-	
7326	1.11E-05		-1.14E-04	5705	-3.38E-05	-2.58E-04	3.60	1.24853E-05	4.00E-05	0.00004	1.24853E-	
7327	1.96E-03		3.42E-04	5706	9.62E-06	-1.13E-04	3.60	0.000542725	1.26E-04	0.000126389	0.0005427	
7328	6.27E-05		1.05E-03	5707	2.04E-03	2.64E-04	3.60	-0.000549454	2.18E-04	0.000218333	0.0005494	
178	2.02E-03		6.50E-05	132	-2.23E-04	-5.99E-04	3.60	0.000624369	1.84E-04	0.000184444	0.0006243	
62	193		-2.77E-04	-9.72E-04	141	2.59E-04	-3.46E-04	3.60	-0.000148915	-1.74E-04	0.000173889	0.0001489
	7024	-1.71E-04	-1.91E-04	5403	-4.50E-04	-9.86E-04	3.60	7.7738E-05	2.21E-04	0.000220833	7.7738E-	
	7042	1.51E-05	-4.34E-05	5421	-6.76E-04	-6.76E-04	3.60	0.000191917	1.76E-04	0.000175722	0.0001919	
	7060	1.95E-04	1.19E-05	5439	-1.23E-03	-8.03E-04	3.60	0.000397006	2.26E-04	0.000226361	0.0003970	
	7078	2.33E-04	-1.92E-04	5457	-1.33E-03	-6.69E-04	3.60	0.000432877	1.33E-04	0.0001325	0.0004328	
	7096	-5.62E-05	-1.26E-04	5475	-8.45E-04	-4.98E-04	3.60	0.000219225	1.03E-04	0.000103333	0.0002192	
	7114	-1.53E-04	-1.79E-04	5493	-5.66E-04	-9.90E-04	3.60	0.000114826	2.25E-04	0.000225278	0.0001148	
	7132	-9.89E-05	-1.24E-04	5511	-5.18E-04	-7.90E-04	3.60	0.000116505	1.85E-04	0.0001165	0.0001165	
	7150	9.66E-06	-5.12E-05	5529	-1.02E-03	-9.11E-04	3.60	0.000286949	2.39E-04	0.000238833	0.0002869	
	7168	1.07E-04	-6.44E-05	5547	-1.53E-03	-9.94E-04	3.60	0.000455407	2.58E-04	0.000258222	0.0004554	
	7186	1.04E-04	-3.05E-04	5565	-1.40E-03	-7.16E-04	3.60	0.000419003	1.14E-04	0.000114167	0.0004190	
	7204	9.97E-05	3.80E-05	5583	-7.66E-04	-5.73E-04	3.60	0.000240425	1.70E-04	0.000169722	0.0002404	
	7222	-3.56E-05	-7.07E-05	5601	-5.52E-04	-7.81E-04	3.60	0.000143379	1.97E-04	0.000197306	0.0001433	
	7240	-3.62E-05	-6.72E-05	5619	-6.04E-04	-8.34E-04	3.60	0.000157653	2.13E-04	0.000213	0.0001576	
	7258	-1.11E-05	-6.66E-05	5637	-1.22E-03	-1.14E-03	3.60	0.000353572	2.98E-04	0.000298167	0.0003535	
	7276	-1.04E-05	-1.48E-04	5655	-1.77E-03	-1.25E-03	3.60	0.000489438	3.06E-04	0.000306111	0.0004894	
	7294	-1.44E-04	-4.70E-04	5673	-1.65E-03	-9.25E-04	3.60	0.000417084	1.26E-04	0.000126389	0.0004170	
	7312	1.59E-04	6.21E-05	5691	-8.64E-04	-5.61E-04	3.60	0.000284078	1.73E-04	0.000173083	0.0002840	
	178	2.02E-03	6.50E-05	132	-2.23E-04	-5.99E-04	3.60	0.000624369	1.84E-04	0.000184444	0.0006243	



63	$\frac{\delta=\delta(Dm_s)-\delta(Dm_i)}{h}$	183	-5.19E-05	-1.16E-04	137	-1.95E-04	2.68E-03	3.60	3.97633E-05	0.00033128	-7.77E-04	0.000468502	0.000776667	3.97633E-05				
		15411	2.49E-05	-1.77E-04	12448	1.12E-02	-3.60E-04	3.60	-0.003106361		5.08E-05		5.08333E-05	0.0031063				
		15513	5.11E-05	-2.61E-04	15495	-1.38E-05	-2.40E-04	3.60	1.80259E-05		5.83E-06		1.80259E-05					
		15600	-3.35E-03	-7.95E-04	15582	-3.18E-03	-7.54E-04	3.60	-4.93511E-05		-1.14E-05		1.13889E-05	4.93511E-05				
		15686	-1.05E-04	-6.76E-04	15668	9.87E-04	1.24E-04	3.60	-0.000303282		-2.22E-04		0.000222222	0.0003032				
		15774	-4.11E-03	-1.10E-03	15756	-4.07E-03	-1.07E-03	3.60	-1.12129E-05		-8.33E-06		8.33E-06	1.12129E-05				
		15862	0.00E+00	0.00E+00	15844	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0					
		182	9.28E-04	-3.06E-05	136	1.53E-03	-5.01E-04	3.60	-0.00016631		1.31E-04		0.000130667	0.000166				
		17156	2.00E-03	1.59E-02	17138	1.89E-03	1.51E-02	3.60	3.04404E-05		2.22E-04		0.000222222	3.04404E-05				
		181	-4.12E-04	-2.56E-04	135	-2.37E-05	-6.33E-06	3.60	-0.000107941		-6.94E-05		6.93528E-05	0.0001079				
		16101	-3.43E-03	-9.43E-04	16066	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-0.000951933		-2.62E-04		0.000261944	0.0009519				
		16204	0.00E+00	0.00E+00	16186	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0		0.00E+00		0					
		16292	6.54E-04	8.75E-05	16274	2.59E-03	2.06E-02	3.60	-0.000538342		-5.70E-03		0.0005697917	0.0005383				
		16380	-2.90E-04	-1.08E-04	16362	-2.49E-04	-9.36E-05	3.60	-1.11922E-05		-4.00E-06		0.000004	1.11922E-05				
		212	9.99E-05	3.68E-05	163	5.72E-05	-1.22E-03	3.60	1.18781E-05		3.49E-04		0.000349111	1.18781E-05				
		180	-6.45E-04	-2.44E-04	134	1.22E-04	-3.63E-04	3.60	-0.000212988		3.31E-05		3.30556E-05	0.0002129				
		216	9.33E-05	-2.03E-04	167	-2.97E-04	2.81E-03	3.60	0.000108354		-8.37E-04		0.000836944	0.0001083				
		179	4.83E-05	1.06E-03	133	-1.38E-04	-1.37E-03	3.60	5.17017E-05		6.75E-04		0.000675	5.17017E-05				
		6973	1.94E-03	9.11E-04	5352	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000538331		2.53E-04		0.000253056	0.0005383				
		6991	1.98E-03	2.02E-04	5370	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0.000550648		5.61E-05		5.61111E-05	0.0005506				
		193	-2.77E-04	-9.72E-04	141	2.59E-04	-3.46E-04	3.60	-0.000148915		-1.74E-04		0.000173889	0.0001489				
		64		170	8.22E-04	-1.33E-04	124	1.66E-03	-4.80E-04		3.60		-0.000234288	0.00047175	9.64E-05	0.000377661	9.63889E-05	0.0002342
				6292	-9.29E-05	9.48E-05	5184	0.00E+00	0.00E+00		3.60		2.57973E-05		2.63E-05		2.63333E-05	2.57973E-05
				6294	0.00E+00	0.00E+00	5186	-2.70E-04	2.62E-03		3.60		7.50354E-05		-7.28E-04		0.000727778	7.50354E-05
				6296	1.79E-05	1.92E-03	5188	-2.73E-04	-3.26E-04		3.60		8.08209E-05		6.24E-04		0.000623889	8.08209E-05
				6298	6.42E-05	2.45E-04	5190	0.00E+00	0.00E+00		3.60		1.7844E-05		6.81E-05		6.80556E-05	1.7844E-05
				6300	0.00E+00	0.00E+00	5192	-2.42E-04	2.56E-03		3.60		6.72623E-05		-7.11E-04		0.000711111	6.72623E-05
				6302	2.11E-05	1.92E-03	5194	-2.86E-04	-1.68E-04		3.60		8.52845E-05		5.80E-04		0.00058	8.52845E-05
				6304	2.08E-04	3.70E-04	5196	0.00E+00	0.00E+00		3.60		5.78927E-05		1.03E-04		0.000102778	5.78927E-05
				6306	0.00E+00	0.00E+00	5198	-2.79E-04	2.61E-03		3.60		7.74903E-05		-7.25E-04		0.000725	7.74903E-05
				405	1.92E-05	-2.05E-04	402	-5.56E-04	-1.07E-03		3.60		0.000159872		2.40E-04		0.000240278	0.0001598
				6309	-2.63E-03	-2.35E-03	5201	2.24E-04	3.26E-04		3.60		-0.000791396		-7.43E-04		0.000791333	0.0007913
				6311	-2.40E-04	2.23E-04	5203	1.86E-03	5.58E-04		3.60		-0.000582337		-9.31E-05		9.30556E-05	0.0005823
				6313	1.86E-03	7.57E-04	5205	-1.11E-03	-5.68E-04		3.60		0.000823532		3.68E-04		0.000368056	0.0008235
				6315	-2.47E-03	-2.14E-03	5207	2.33E-04	2.13E-04		3.60		-0.000750469		-6.54E-04		0.0007504	0.0007504
				6317	-3.0E-04	2.19E-04	5209	1.85E-03	5.53E-04		3.60		-0.000598442		-9.28E-05		9.27778E-05	0.0005984
				6319	1.86E-03	8.04E-04	5211	-9.99E-04	-4.80E-04		3.60		0.00079438		3.57E-04		0.000356667	0.000794
				6321	-2.29E-03	-1.93E-03	5213	3.01E-04	2.14E-04		3.60		-0.000718429		-5.96E-04		0.000595556	0.0007184
				218	1.26E-04	1.76E-05	454	1.08E-02	1.29E-03		3.60		-0.00297017		-3.53E-04		0.000353444	0.0029701
				189	9.51E-05	-8.82E-05	147	-9.36E-05	-1.51E-04		3.60		5.24191E-05		1.74E-05		1.74444E-05	5.24191E-05
65		7359	-2.77E-04	-2.85E-04	5180	-2.36E-04	2.56E-03	3.60	-1.14307E-05	0.00035203	-7.90E-04	0.000323994	0.000790278	1.14307E-05				
		7360	-4.50E-05	-9.06E-05	5181	-8.72E-04	-4.31E-04	3.60	0.00022964		9.45E-05		9.45556E-05	0.0002296				
		469	6.97E-05	-2.29E-03	453	2.99E-04	-1.76E-04	3.60	-6.36772E-05		-5.87E-04		0.000587222	6.36772E-05				
		7379	2.74E-04	-3.30E-04	6103	1.80E-03	7.61E-04	3.60	-0.000423116		-3.03E-04		0.000303056	0.0004231				
		7381	1.94E-03	7.93E-04	6105	-2.38E-03	-1.65E-03	3.60	0.001199812		6.79E-04		0.000678611	0.0011998				
		7383	-4.71E-04	-5.97E-04	6107	2.11E-04	4.77E-04	3.60	-0.000189462		-2.98E-04		0.000298333	0.0001894				
		7385	4.54E-04	-2.24E-04	6109	1.80E-03	8.10E-04	3.60	-0.000374506		-2.87E-04		0.000287222	0.0003745				
		7387	1.94E-03	8.38E-04	6111	-2.25E-03	-1.49E-03	3.60	0.001164449		6.47E-04		0.000646667	0.0011644				
		7389	-5.89E-04	-7.64E-04	6113	1.60E-04	4.12E-04	3.60	-0.000208123		-3.27E-04		0.000326667	0.0002081				
		7391	6.98E-04	-9.13E-05	6115	2.02E-03	1.20E-04	3.60	-0.000364666		-5.87E-05		5.86944E-05	0.0003646				
		7393	1.94E-03	8.80E-04	6117	-3.96E-04	-3.43E-04	3.60	0.000648788	3.40E-04	0.000339722	0.0006487						
213	-1.38E-04	-6.42E-05	164	9.10E-04	2.19E-04	3.60	-0.00029118	-7.87E-05	7.86667E-05	0.0002911								
20845	1.36E-03	4.45E-04	20827	1.00E-03	3.69E-04	3.60	9.79701E-05	2.11E-05	2.11111E-05	9.79701E-05								
20896	0.00E+00	0.00E+00	20878	0.00E+00	0.00E+00	3.60	0	0.00E+00	0									
212	9.99E-05	3.68E-05	163	5.72E-05	-1.22E-03	3.60	1.18781E-05	3.49E-04	0.000349111	1.18781E-05								

72	$\delta=\delta(Dms)-\delta(Dmi)$ h	7405	2.16E-03	1.37E-04	6269	1.07E-04	2.52E-04	3.60	0.000569198		-3.19E-05			3.19444E-05		0.0005691
		7406	-2.11E-04	3.07E-03	6270	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-5.86318E-05		8.53E-04			0.000852778		5.86318E-
		7407	-1.84E-03	-1.72E-03	6271	1.95E-03		3.60	-0.001051113		-6.11E-04			0.000610556		0.0010511
		7408	4.47E-04	1.27E-03	6272	-9.99E-06	1.90E-03	3.60	0.000126857		-1.75E-04			0.0001268		0.0001268
		7409	-4.22E-04	-3.06E-04	6273	-2.39E-03	-2.54E-03	3.60	0.000546303		6.21E-04			0.000620556		0.0005463
		7410	0.00E+00	0.00E+00	6274	-5.22E-04	-3.91E-04	3.60	0.000144971		1.09E-04			0.000108611		0.0001449
		7411	2.17E-03	1.32E-04	6275	6.72E-05	2.42E-04	3.60	0.00058419		-3.06E-05			3.05556E-05		0.000584
		7412	-2.00E-04	3.12E-03	6276	0.00E+00		3.60	-5.56685E-05		8.67E-04			0.000866667		5.56685E-
		7413	-1.97E-03	-1.86E-03	6277	1.93E-03	5.19E-04	3.60	-0.001083918		-6.61E-04			0.000660833		0.0010839
		7414	5.98E-04	1.26E-03	6278	-1.32E-06	1.91E-03	3.60	0.000166479	0.00040895	-1.81E-04	0.000378105		0.000180556		0.0001664
		7415	-1.91E-04	-3.39E-04	6279	-2.58E-03	-2.67E-03	3.60	0.000664281		6.48E-04			0.00064475		0.0006642
		7416	0.00E+00	0.00E+00	6280	-3.97E-04	-2.34E-04	3.60	0.000110273		6.50E-05			0.000065		0.0001102
		7417	2.15E-03	1.76E-04	6281	1.80E-05		3.60	0.000592889		-1.53E-05			1.52778E-05		0.0005928
		7418	-2.09E-04	3.07E-03	6282	0.00E+00	0.00E+00	3.60	-5.79573E-05		8.53E-04			0.000852778		5.79573E-
		7419	-1.68E-03	-1.15E-03	6283	1.92E-03	5.58E-04	3.60	-0.000998938		-4.74E-04			0.000474444		0.0009989
		7420	3.10E-04	1.44E-03	6284	6.36E-06	1.91E-03	3.60	8.44532E-05		-1.31E-04			0.000130556		8.44532E-
		7421	-2.75E-04	-3.36E-04	6285	-2.72E-03	-2.73E-03	3.60	0.000678783		6.65E-04			0.000665		0.0006787
		7422	0.00E+00	0.00E+00	6286	-2.51E-04	-6.84E-05	3.60	6.96049E-05		1.90E-05			0.000019		6.96049E-
		184	2.01E-03	1.12E-04	142	1.56E-03	-5.23E-04	3.60	0.000125517		1.76E-04			0.000176389		0.0001255
73		2	2.33E-04	-1.24E-04	170	8.22E-04	-1.33E-04	3.20	-0.000183993		2.81E-06			2.8125E-06		0.0001839
		8616	0.00E+00	0.00E+00	6290	1.28E-05	1.92E-03	3.20	-4.01305E-06		-6.00E-04			0.0006		4.01E-
		243	3.39E-05	-1.19E-04	6323	-3.78E-04	2.06E-04	3.20	0.000128862		-1.02E-04			0.000101563		0.0001288
		8667	-1.23E-03	-2.37E-03	6341	-1.76E-05	8.74E-05	3.20	-0.000379051		-7.68E-04			0.000767938		0.0003790
		8685	-6.86E-04	-2.55E-03	6359	-8.32E-06	1.06E-04	3.20	-0.000211821	0.00015642	-8.30E-04	0.000372243		0.00083		0.0002118
		8703	-3.75E-04	-9.76E-04	6377	-9.01E-05	6.56E-05	3.20	-8.91787E-05		-3.26E-04			0.0003255		8.91787E-
		8721	-1.05E-03	-1.97E-03	6395	-2.48E-04	1.73E-05	3.20	-0.000250419		-6.21E-04			0.000621031		0.0002504
		219	-1.08E-04	5.24E-06	171	1.14E-04	-2.05E-04	3.20	-6.94755E-05		6.57E-05			0.0000657		6.94755E-
		237	-1.34E-05	-1.20E-04	195	2.78E-04	-5.94E-06	3.20	-9.09619E-05		-3.56E-05			3.56438E-05		9.09619E-
		237	-1.34E-05	-1.20E-04	195	2.78E-04	-5.94E-06	3.20	-9.09619E-05		-3.56E-05			3.56438E-05		9.09619E-
74		220	1.88E-03	1.99E-04	172	3.33E-04	-3.42E-04	3.20	0.000482482		1.69E-04			0.000169063		0.0004824
		267	3.22E-06	-2.10E-04	6448	-4.28E-04	-5.85E-04	3.20	0.000134734		1.17E-04			0.000117188		0.0001347
		8395	1.96E-03	-4.10E-04	6482	4.47E-06	1.75E-03	3.20	0.000609902	0.00032881	-6.75E-04	0.000537146		0.000675		0.0006099
		270	-2.47E-03	-2.55E-03	6500	2.73E-05		3.20	-0.000780765		-1.35E-03			0.001346875		0.0007807
		8430	0.00E+00	0.00E+00	6518	3.69E-05	1.77E-03	3.20	-1.15417E-05		-5.53E-04			0.000553125		1.15417E-
		239	-2.08E-04	2.45E-03	205	4.05E-04	-3.12E-04	3.20	-0.000191301		8.63E-04			0.000863125		0.0001913
		239	-2.08E-04	2.45E-03	205	4.05E-04	-3.12E-04	3.20	-0.000191301		8.63E-04			0.000863125		0.0001913
75		221	-2.66E-04	3.27E-03	173	-2.50E-04	2.81E-03	3.20	-4.93218E-06		1.44E-04			0.00014375		4.93E-
		472	1.01E-02	9.88E-04	209	-1.54E-04	3.17E-03	3.20	0.003195463		-6.82E-04			0.000681875		0.0031954
		222	1.56E-03	-2.13E-04	174	-9.99E-05	1.35E-03	3.20	0.00051839	0.00070571	-4.88E-04	0.00058832		0.000488438		0.000518
		7858	-1.03E-03	6.10E-05	6551	-9.40E-05	9.63E-06	3.20	-0.000292354		1.61E-05			1.60531E-05		0.0002923
		7892	-2.35E-04	3.03E-03	6585	-1.70E-03		3.20	0.000458606		1.60E-03			0.001596875		0.0004586
		8	1.02E-03	-1.41E-04	190	1.91E-03	9.09E-04	3.20	-0.000278896		-3.28E-04			0.000328125		0.0002788
76	$\delta=\delta(Dms)-\delta(Dmi)$ h	7926	0.00E+00		6619	1.91E-03	6.65E-04	3.20	-0.000597927		-2.08E-04			0.000597927		0.0005979
		7944	0.00E+00		6637	1.91E-03	7.98E-04	3.20	-0.000595767		-2.49E-04			0.000595767		0.0005957
		273	-2.28E-05		6655	1.99E-03	1.14E-04	3.20	-0.000629325		-7.28E-05			0.000629325		0.0006293
		7979	-1.61E-03		6673	1.98E-03	2.55E-04	3.20	-0.001123396		1.84E-05			0.001123396		0.0011233
		7997	-1.37E-03		6691	1.97E-03	3.97E-04	3.20	-0.001044117		-1.69E-05			0.001044117		0.0010441
		8015	-7.74E-04		6709	1.94E-03	5.38E-04	3.20	-0.000849636		-1.33E-04			0.000849636		0.0008496
		8033	-3.52E-05		6727	1.92E-03	6.75E-04	3.20	-0.000611756		-2.62E-04			0.000611756		0.0006117
		8051	-4.64E-04		6745	1.92E-03	8.09E-04	3.20	-0.000744058		-4.53E-04			0.000744058		0.0007440
		8069	-1.17E-03		6763	1.99E-03	1.13E-04	3.20	-0.000987292	0.00075939	-2.10E-04	0.000233868		0.000987292		0.0009872
		8087	-1.53E-03		6781	1.98E-03	2.54E-04	3.20	-0.001095882		-1.40E-04			0.001095882		0.0010958
		8105	-1.29E-03		6799	1.97E-03	3.98E-04	3.20	-0.001017087		-1.44E-04			0.001017087		0.0010170
		8123	-6.90E-04		6817	1.95E-03	5.42E-04	3.20	-0.000824122		-1.48E-04			0.000824122		0.0008241
		8141	-2.44E-06		6835	1.93E-03	6.84E-04	3.20	-0.000604159		-4.22E-04			0.000604159		0.0006041
		8159	-7.29E-04		6853	1.92E-03	8.19E-04	3.20	-0.000829466		-5.51E-04			0.000829466		0.0008294
		8177	-1.15E-03		6871	1.99E-03	1.12E-04	3.20	-0.00098231		-3.00E-04			0.00098231		0.000982
		8195	-1.12E-03		6889	1.98E-03	2.52E-04	3.20	-0.000968144		-3.18E-04			0.000968144		0.0009681
		295	-7.03E-05		6907	1.97E-03	3.98E-04	3.20	-0.000636244		-2.43E-04			0.000636244		0.0006362
		10	1.41E-05		175	4.21E-05	-1.15E-03	3.20	-8.75622E-06		8.76E-			0.000224688		8.76E-
77		10	1.41E-05		175	4.21E-05	-1.15E-03	3.20	-8.75622E-06		8.76E-			0.000224688		8.76E-
		8230	-1.93E-04		6925	1.95E-03	5.45E-04	3.20	-0.00066991		-3.25E-04			0.000324688		0.0006699
		8231	-4.66E-04		6926	6.90E-05	1.45E-03	3.20	-0.000167053		-8.00E-04			0.000167053		0.0001670
		8232	0.00E+00		6927	-1.26E-03	-1.71E-03	3.20	0.000394424		5.34E-04			0.000534375		0.0003944
		8233	2.02E-03		6928	-8.46E-05	-1.12E-04	3.20	0.000657023		-7.13E-05			0.000657023		0.0006570
		8234	-2.88E-04		6929	-8.54E-04	-9.03E-04	3.20	0.00017676		1.15E-03			0.00017676		0.000176
		8235	-1.06E-03		6930	0.00E+00	0.00E+00	3.20	-0.000330584		-8.34E-04			0.000330584		0.0003305
		8236	-2.04E-04		6931	1.95E-03	5.95E-04	3.20	-0.000671794		-3.20E-04			0.000320313		0.0006717
		8237	-6.25E-04		6932	7.67E-05	1.46E-03	3.20	-0.000219203		-8.34E-04			0.000834375		0.0002



79	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dns)_h$	20	2.75E-04	-5.67E-05	193	-2.77E-04	-9.72E-04	3.20	0.000172514	0.00012575	2.86E-04	0.000548749		0.000286031		0.0001725
		7555	2.11E-03	2.84E-04	7024	-1.71E-04	-1.91E-04	3.20	0.000712594		1.48E-04			0.000148438		0.0007125
		7573	2.11E-03	2.00E-04	7042	-1.51E-05	-4.34E-05	3.20	0.000656125		7.61E-05			7.60625E-05		0.0006561
		303	2.36E-04	-3.33E-04	7060	1.95E-04	1.19E-05	3.20	1.29304E-05		-4.76E-06			4.75938E-06		1.29304E-
		7608	0.00E+00	0.00E+00	7078	2.33E-04	-1.92E-04	3.20	-7.29032E-05		6.00E-05			0.00006		7.29032E-
		7626	0.00E+00	0.00E+00	7096	-5.62E-05	-1.26E-04	3.20	1.75659E-05		3.94E-05			0.000039375		1.75659E-
		7644	0.00E+00	0.00E+00	7114	-1.53E-04	-1.79E-04	3.20	4.78248E-05		5.59E-05			5.59375E-05		4.78248E-
		7662	0.00E+00	0.00E+00	7132	-9.89E-05	-1.24E-04	3.20	3.09181E-05		3.88E-05			0.00003875		3.09181E-
		7680	0.00E+00	0.00E+00	7150	9.66E-06	-5.12E-05	3.20	-3.0202E-06		1.60E-05			0.000016		3.02E-
		7698	0.00E+00	0.00E+00	7168	1.07E-04	-6.44E-05	3.20	-3.33362E-05		2.01E-05			0.000020125		3.33362E-
		7716	0.00E+00	0.00E+00	7186	1.04E-04	-3.05E-04	3.20	-3.25666E-05		9.53E-05			9.53125E-05		3.25666E-
		7734	0.00E+00	0.00E+00	7204	9.97E-05	3.80E-05	3.20	-3.11615E-05		-1.19E-05			0.000011875		3.11615E-
		7752	0.00E+00	0.00E+00	7222	-3.56E-05	-7.07E-05	3.20	2.20938E-05		2.21E-05			2.20938E-05		1.11138E-
		7770	0.00E+00	0.00E+00	7240	-3.62E-05	-6.72E-05	3.20	1.13235E-05		2.10E-05			0.000021		1.13235E-
		7788	0.00E+00	0.00E+00	7258	-1.11E-05	-6.66E-05	3.20	3.45744E-05		2.08E-05			2.08125E-05		3.45744E-
		7806	0.00E+00	0.00E+00	7276	-1.04E-05	-1.48E-04	3.20	3.25013E-06		4.63E-05			0.00004625		3.25013E-
		7824	0.00E+00	0.00E+00	7294	-1.44E-04	-4.70E-04	3.20	4.49129E-05		1.47E-04			0.000146875		4.49129E-
		325	2.41E-04	1.54E-03	7312	1.59E-04	6.21E-05	3.20	2.57332E-05		4.62E-04			0.000461844		2.57332E-
		14	5.34E-04	2.84E-02	178	2.02E-03	6.50E-05	3.20	-0.000465958		8.85E-03			0.008854688		0.0004659
80	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dns)_h$	22	3.05E-02	-2.98E-03	183	-5.19E-05	-1.16E-04	3.20	0.009553547	0.00105144	-8.95E-04	0.000515226		0.0000895		0.0095535
		8509	2.16E-03	-1.83E-04	15411	2.49E-05	-1.77E-04	3.20	0.00066616		-1.88E-06			0.000001875		0.0006666
		8527	2.18E-03	-1.09E-04	15513	5.11E-05	-2.61E-04	3.20	0.000666691		4.75E-05			0.0000475		0.0006666
		8545	2.20E-03	-7.56E-05	15600	-3.35E-03	-7.95E-04	3.20	0.001735948		2.25E-04			0.000224813		0.0017359
		8563	2.25E-03	-1.21E-05	15686	-1.05E-04	-6.76E-04	3.20	0.000736453		2.07E-04			0.000207469		0.0007364
		8581	1.93E-03	-4.42E-04	15774	-4.11E-03	-1.10E-03	3.20	0.00188585		2.06E-04			0.000205625		0.001885
		8599	1.91E-03	-3.83E-04	15862	0.00E+00	0.00E+00	3.20	0.000597776		-1.20E-04			0.000119688		0.0005977
		228	-6.00E-04	-1.49E-04	182	9.28E-04	-3.06E-05	3.20	-0.000477389		-3.70E-05			0.000037		0.0004773
		483	1.18E-04	-1.90E-04	17156	2.00E-03	1.59E-02	3.20	-0.000588632		-5.03E-03			0.0005028125		0.0005886
		227	-2.95E-04	2.40E-03	181	-4.12E-04	-2.56E-04	3.20	3.65364E-05		8.30E-04			0.000083		3.65364E-
		8279	-8.53E-04	-1.40E-03	16101	-3.43E-03	-9.43E-04	3.20	0.000804225		-1.43E-04			0.000142813		0.0008042
		8297	-4.53E-04	9.12E-04	16204	0.00E+00	0.00E+00	3.20	-0.000141714		2.85E-04			0.0000285		0.0001417
		8315	-6.03E-05	5.84E-04	16292	6.54E-04	8.75E-05	3.20	-0.000223261		1.55E-04			0.000155156		0.0002232
		8333	2.18E-04	4.43E-04	16380	-2.90E-04	-1.08E-04	3.20	0.000158571		1.72E-04			0.000172188		0.0001585
		389	-1.82E-04	2.45E-03	212	9.99E-05	3.68E-05	3.20	-8.81379E-05		7.54E-04			0.000754125		8.81379E-
		226	1.71E-03	-5.62E-04	180	-6.45E-04	-2.44E-04	3.20	0.000736674		-9.94E-05			0.000099375		0.0007366
		476	2.30E-03	2.90E-04	216	9.33E-05	-2.03E-04	3.20	0.000688404		1.54E-04			0.000154063		0.0006884
		225	-1.14E-04	-1.05E-05	179	4.83E-05	1.06E-03	3.20	-5.05687E-05		-3.35E-04			0.000334531		5.05687E-
		7503	-1.42E-03	-1.57E-03	6973	1.94E-03	9.11E-04	3.20	-0.001048592		-7.75E-04			0.000775313		0.0010485
		7521	-1.29E-03	4.07E-04	6991	1.98E-03	2.02E-04	3.20	-0.001022625		6.41E-05			6.40625E-05		0.0010226
		20	2.75E-04	-5.67E-05	193	-2.77E-04	-9.72E-04	3.20	0.000172514		2.86E-04			0.000286031		0.0001725

81	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dns)_h$	2	2.33E-04	-1.24E-04	170	8.22E-04	-1.33E-04	3.20	-0.000183993	1.86856E-05	2.81E-06	0.000560265		2.8125E-06		-0.0001839
		8618	-1.06E-04	3.35E-03	6292	-9.29E-05	9.48E-05	3.20	-3.96795E-06		1.02E-03			0.00101725		-3.97E-
		8620	-3.37E-04	-3.91E-04	6294	0.00E+00	0.00E+00	3.20	-0.000105352		-1.22E-04			0.000122188		-0.0001053
		8622	0.00E+00	0.00E+00	6296	1.79E-05	1.92E-03	3.20	-5.57918E-06		-6.00E-04			0.0006		-5.58E-
		8624	-1.12E-04	3.35E-03	6298	6.42E-05	2.45E-04	3.20	-5.52151E-05		9.70E-04			0.000970313		-5.52151E-
		8626	-2.80E-04	-3.03E-04	6300	0.00E+00	0.00E+00	3.20	-8.76446E-05		-9.47E-05			9.46875E-05		-8.76446E-
		8628	0.00E+00	0.00E+00	6302	2.11E-05	1.92E-03	3.20	-6.58731E-06		-6.00E-04			0.0006		-6.59E-
		8630	-1.20E-04	3.35E-03	6304	2.08E-04	3.70E-04	3.20	-0.000102494		9.31E-04			0.00093125		-0.0001024
		8632	-2.35E-04	-2.40E-04	6306	0.00E+00	0.00E+00	3.20	-7.35643E-05		-7.50E-05			0.000075		-7.35643E-
		8634	0.00E+00	0.00E+00	405	1.92E-05	-2.05E-04	3.20	-6.0152E-06		6.41E-05			6.40625E-05		-6.02E-
		8636	-1.27E-04	3.35E-03	6309	-2.63E-03	-2.35E-03	3.20	0.000780769		1.78E-03			0.00178125		0.0007807
		8638	-2.87E-04	-1.78E-04	6311	-2.40E-04	2.23E-04	3.20	-1.4671E-05		-1.25E-04			0.000125313		-1.4671E-
		8640	-3.97E-05	-8.40E-05	6313	1.86E-03	7.57E-04	3.20	-0.000592262		-2.63E-04			0.000262813		-0.0005922
		8642	-1.35E-04	3.36E-03	6315	-2.47E-03	-2.14E-03	3.20	0.000729358		1.72E-03			0.00171875		0.0007293
		8644	-3.29E-04	-8.25E-05	6317	-3.04E-04	2.19E-04	3.20	-7.95174E-06		-9.42E-05			9.42188E-05		-7.95174E-
		8646	0.00E+00	0.00E+00	6319	1.86E-03	8.04E-04	3.20	-0.000581393		-2.51E-04			0.00025125		-0.0005813
		8648	-1.42E-04	3.36E-03	6321	-2.29E-03	-1.93E-03	3.20	0.000669659		1.65E-03			0.001653125		0.0006696
		235	-2.21E-05	-4.78E-04	218	1.26E-04	1.76E-05	3.20	-4.63546E-05		-1.55E-04			0.000154875		-4.63546E-
		18	2.50E-04	-4.91E-04	189	9.51E-05	-8.82E-05	3.20	4.82852E-05		-1.26E-04			0.000125875		4.82852E-
82	$\delta=\delta(Dns)-\delta(Dns)_h$	390	-4.43E-04	-7.25E-04	7359	-2.77E-04	-2.85E-04	3.20	-5.18805E-05	0.00030925	-1.38E-04	0.000302435		0.0001375		5.18805E-
		8336	-3.15E-04	2.67E-03	7360	-4.50E-05	-9.06E-05	3.20	-8.44735E-05		8.63E-04			0.000862688		8.44735E-
		8337	-8.15E-04	-2.37E-04	469	6.97E-05	-2.29E-03	3.20	-0.000276511		6.42E-04			0.000641563		0.0002765
		8338	-8.74E-05	-3.85E-04	7379	2.74E-04	-3.30E-04	3.20	-0.00011287		-1.72E-05			1.71875E-05		0.000112
		8339	2.96E-04	3.40E-04	7381	1.94E-03	7.93E-04	3.20	-0.000514053		-1.42E-04			0.000141563		0.0005140
		8340	0.00E+00	0.00E+00	7383	-4.71E-04	-5.97E-04	3.20	0.000147263		1.87E-04			0.000186563		0.0001472
		8341	1.88E-03	5.19E-04	7385	4.54E-04	-2.24E-04	3.20	0.00044698		2.32E-04			0.000232188		0.000446
		8342	-3.52E-04	2.73E-03	7387	1.94E-03	8.38E-04	3.20	-0.000715353		5.91E-04			0.000591125		0.0007153
		8343	-6.71E-04	-9.44E-05	7389	-5.89E-04	-7.64E-04	3.20	-2.56036E-05		2.09E-04			0.00020925		2.56036E-
		8344	7.37E-05	-4.85E-04	7391	6.98E-04	-9.13E-05	3.20	-0.000195245		-1.23E-04			0.000123031		0.0001952
		8345	3.91E-04	3.37E-04	7393	1.94E-03	8.80E-04	3.20	-0.000483873		-1.70E-04			0.000169688		0.0004838
		376	1.55E-03	-5.15E-04	213	-1.38E-04	-6.42E-05	3.20	0.000526003		-1.41E-04			0.000140875		0.0005260
		8346	9.57E-05	-6.10E-05	20845	1.36E-03	4.45E-04	3.20	-0.000393844		-1.58E-04			0.000158125		0.0003938
		8347	1.85E-03	5.47E-04	20896	0.00E+00	0.00E+00	3.20	0.000576634		1.71E-04			0.000170938		0.0005766
		389	-1.82E-04	2.45E-03	212	9.99E-05	3.68E-05	3.20	-8.81379E-05		7.54E-04			0.000754125		8.81379E-
		239	-2.08E-04	2.45E-03	205	4.05E-04	-0.000312012	3.20	-0.000191301		8.63E-04			0.000863129		0.0001913
		8448	-7.99E-05	-4.92E-05	6536	3.25E-05	0.001763471	3.20	-3.51071E-05		-5.66E-04			0.00056646		3.51071E-
		8449	2.00E-03	-3.22E-04	6537	-1.83E-03	-0.00201131	3.20	0.001198366		5.28E-04			0.000527926		0.0011983
		380	1.19E-04	-2.39E-04	206	9.94E-05	-8.4992E-05	3.20	6.01275E-06		-4.81E-05			4.81275E-05		6.01275E-
8450	-9.07E-05	3.38E-03	6538	5.62E-04	0.000457702	3.20	-0.000203876	9.13E-04		0.000913218		0.0002038				
8451	-4.74E-05	-1.34E-03	6539	-6.59E-04	-7.20903E-06	3.20	0.00019121	-4.16E-04		0.000416497		0.000191				
8452	-1.45E-04	-4.23E-04	6540	0.00E+00	0	3.20	-4.52931E-05	-1.32E-04		0.000132188		4.52931E-				
8453	1.63E-03	9.73E-04	6541	1.93E-03	0.000892875	3.20	-9.33113E-05	2.50E-05	0.00025696	0.00043447		2.5039E-05		9.33113E-		
8454	0.00E+00	0.00E+00	6542	2.87E-05	0.001760575	3.20	-8.95586E-06	-5.50E-04				0.00055018		8.94E-		
8455	2.00E-03	-3.21E-03	6543	-1.60E-03	-0.00183318	3.20	0.001125495	4.73E-04				0.000472556		0.0011254		
8456	-7.06E-05	3.42E-03	6544	5.33E-04	0.000375565	3.20	-0.000188747	9.51E-04				0.000951386		0.0001887		
8457	6.53E-04	-9.42E-04	6545	-6.83E-04	5.19506E-05	3.20	0.000417498	-3.11E-04				0.00031061		0.0004174		
8458	1.10E-05	-4.36E-04	6546	2.30E-05	-0.000176663	3.20	-3.72069E-06	-8.10E-05				8.10427E-05		3.72E-		
8459	1.70E-03	9.00E-04	6547	1.99E-03	0.000115196	3.20	-9.25223E-05	2.45E-04				0.000245251		9.25223E-		
385	1.12E-04	3.17E-04	6548	-5.78E-05	1.64E-03	3.20	5.29698E-05	-4.13E-04		0.000413438		5.29698E-				

84	$\delta = \delta(Dns) - \delta(Dni)$ h	18	2.50E-04	-4.91E-04	189	9.51E-05	-8.82199E-05	3.20	4.82852E-05	0.00030211	-1.26E-04	0.000308212	0.000125869	4.82852E-
		8778	0.00E+00	0.00E+00	7394	2.88E-04	0.001390756	3.20	-9.01392E-05		-4.35E-04		0.000434611	9.01392E-
		8779	2.22E-03	-3.66E-05	7395	-7.91E-04	-0.001027373	3.20	0.000940156		3.10E-04		0.000309617	0.0009401
		8780	-1.80E-04	3.31E-03	7396	-6.48E-04	-0.000833818	3.20	0.000146143		1.29E-03		0.001294943	0.0001461
		8781	-1.79E-03	-2.58E-03	456	-1.04E-03	-0.002465961	3.20	-0.000232706		-3.56E-05		3.56372E-05	0.0002327
		8782	6.25E-04	-1.21E-04	7397	1.06E-03	9.51707E-05	3.20	-0.000136161		-6.76E-05		6.75534E-05	0.0001361
		8783	1.63E-03	3.12E-04	7398	-2.39E-05	-9.95384E-05	3.20	0.000516621		1.29E-04		0.000128606	0.0005166
		234	-6.21E-04	-9.58E-04	188	9.27E-04	-2.64829E-05	3.20	-0.000483819		-2.91E-04		0.000291099	0.0004838
		410	3.01E-04	9.61E-05	399	-9.93E-05	-1.79E-04	3.20	0.000124998		8.60E-05		8.59688E-05	0.0001249
85		383	-2.47E-04	2.65E-03	210	4.62E-05	-0.000214113	3.20	-9.15363E-05	0.00096434	8.95E-04	0.000488785	0.000895035	9.15363E-
		232	2.11E-03	7.37E-05	186	-6.56E-04	-0.00035381	3.20	0.000865315		1.34E-04		0.000133597	0.0008653
		478	1.32E-02	1.50E-04	465	-4.99E-05	-0.001267553	3.20	0.004132928		4.43E-04		0.000442985	0.0041329
		231	-1.30E-04	-6.48E-05	185	3.27E-05	0.001049613	3.20	-5.07335E-05		-3.48E-04		0.000348254	5.07335E-
		8755	2.16E-03	-1.81E-04	7403	-5.95E-04	-0.000269193	3.20	0.000859967		2.76E-05		2.75603E-05	0.0008599
		8756	-1.56E-04	3.32E-03	7404	0.00E+00	0	3.20	-4.87262E-05		1.04E-03		0.0010375	4.87262E-
		16	-8.75E-05	-1.58E-03	7405	2.16E-03	1.37E-04	3.20	-0.000701162		-5.37E-04		0.000536563	0.0007011
		16	-8.75E-05	-1.58E-03	7405	2.16E-03	0.000136565	3.20	-0.000701162		-5.36E-04		0.000536427	0.0007011
		8757	-2.21E-03	-2.35E-03	7406	-2.11E-04	0.003071462	3.20	-0.000624828		-1.69E-03		0.001694207	0.0006248
86		8758	-1.83E-04	-4.70E-05	7407	-1.84E-03	-0.001718805	3.20	0.000516715	0.00053826	5.22E-04	0.000576687	0.000522439	0.0005167
		8759	2.12E-03	3.36E-04	7408	4.47E-04	0.001269178	3.20	0.000522116		-2.92E-04		0.000291618	0.0005221
		8760	0.00E+00	0.00E+00	7409	-4.22E-04	-0.000305987	3.20	0.000131793		9.56E-05		9.56209E-05	0.0001317
		8761	2.17E-03	-1.44E-04	7410	0.00E+00	0	3.20	0.00067802		-4.50E-05		0.000045	0.0006780
		8762	-1.63E-04	3.32E-03	7411	2.17E-03	0.000132109	3.20	-0.000729028		9.96E-04		0.000996216	0.0007290
		8763	-2.24E-03	-2.39E-03	7412	-2.00E-04	0.003119321	3.20	-0.000637324		-1.72E-03		0.001721663	0.0006373
		8764	4.59E-05	-1.14E-04	7413	-1.97E-03	-0.00185813	3.20	0.000630019		5.45E-04		0.000545041	0.0006300
		8765	2.05E-03	3.08E-04	7414	5.98E-04	0.001258888	3.20	0.000452569		-2.97E-04		0.000297153	0.0004525
		8766	0.00E+00	0.00E+00	7415	-1.91E-04	-0.000339	3.20	5.96289E-05		1.06E-04		0.000105938	5.96289E-
		8767	2.18E-03	-1.07E-04	7416	0.00E+00	0	3.20	0.000682338		-3.34E-05		3.34375E-05	0.0006823
		8768	-1.69E-04	3.32E-03	7417	2.15E-03	0.000176288	3.20	-0.000725478		9.82E-04		0.00098241	0.0007254
		8769	-2.17E-03	-2.45E-03	7418	-2.09E-04	0.003067123	3.20	-0.00061393		-1.72E-03		0.001724101	0.0006139
		8770	2.69E-04	-1.65E-04	7419	-1.68E-03	-0.001147404	3.20	0.000609175		3.07E-04		0.000307001	0.0006091
		8771	1.94E-03	3.07E-04	7420	3.10E-04	0.001441967	3.20	0.000508634		-3.55E-04		0.000354677	0.0005086
		8772	0.00E+00	0.00E+00	7421	-2.75E-04	-0.000336336	3.20	8.59824E-05		1.05E-04		0.000105105	8.59824E-
		8773	2.20E-03	-7.14E-05	7422	0.00E+00	0	3.20	0.000687303		-2.23E-05		2.23125E-05	0.0006873
		12	-5.43E-06	-3.71E-06	184	2.01E-03	1.12E-04	3.20	-0.00063092		-3.62E-05		3.61594E-05	0.0006309
		238	2.11E-03	1.29E-04	194	1.52E-03	0.000273679	3.20	0.00018432		-4.52E-05		4.52121E-05	0.0001843
		17903	2.87E-03	1.14E-04	17872	0.00E+00	0	3.20	0.000897919		3.56E-05		0.000035625	0.0008979
		17999	1.76E-03	-3.03E-04	17983	1.30E-02	0.000149584	3.20	-0.0003511736		-1.41E-04		0.000141433	0.0003511
87		18092	1.63E-03	1.28E-02	18076	0.00E+00	0	3.20	0.000509246	0.00211582	4.00E-03	0.00072303	0.000509246	0.0005092
		18185	1.01E-03	-4.59E-05	18169	2.50E-02	0.000210949	3.20	-0.007500713		-8.03E-05		8.02655E-05	0.0075007
		237	-1.34E-05	-1.20E-04	195	2.78E-04	-5.94E-06	3.20	-9.09619E-05		-3.56E-05		3.56438E-05	9.09619E-
		240	-6.05E-04	-1.17E-03	217	9.88E-05	-0.000913826	3.20	-0.00021987		-8.01E-05		8.00542E-05	0.0002198
		21083	7.80E-04	-1.71E-04	21052	0.00E+00	0	3.20	0.00024368		-5.34E-05		5.34375E-05	0.0002436
		21179	7.65E-04	3.81E-05	21163	2.47E-02	0.001261039	3.20	-0.007479596		-3.82E-04		0.000382168	0.0074795
		21272	2.52E-03	2.03E-02	21256	0.00E+00	0	3.20	0.000787314		6.34E-03		0.00634375	0.0007873
		21365	6.74E-05	8.13E-04	21349	0.00E+00	0	3.20	2.10482E-05		2.54E-04		0.000254063	2.10482E-
		239	-2.08E-04	2.45E-03	205	4.05E-04	-3.12E-04	3.20	-0.000191301		8.63E-04		0.000863125	0.0001913
88	$\delta = \delta(Dns) - \delta(Dni)$ h	240	-6.05E-04	-1.17E-03	217	9.88E-05	-0.000913826	3.20	-0.00021987	0.00149047	-8.01E-05	0.001329433	8.00542E-05	0.0002198
		21083	7.80E-04	-1.71E-04	21052	0.00E+00	0	3.20	0.00024368		-5.34E-05		5.34375E-05	0.0002436
		21179	7.65E-04	3.81E-05	21163	2.47E-02	0.001261039	3.20	-0.007479596		-3.82E-04		0.000382168	0.0074795
		21272	2.52E-03	2.03E-02	21256	0.00E+00	0	3.20	0.000787314		6.34E-03		0.00634375	0.0007873
		21365	6.74E-05	8.13E-04	21349	0.00E+00	0	3.20	2.10482E-05		2.54E-04		0.000254063	2.10482E-
		239	-2.08E-04	2.45E-03	205	4.05E-04	-3.12E-04	3.20	-0.000191301		8.63E-04		0.000863125	0.0001913